
牽引模型滑翔机的設計

薛民猷編著 朱宝流校

人民体育出版社

目 录

第一章 緒 論	1
一 前言	1
二 牽引模型滑翔机的特点、种类和要求	3
第二章 牽引模型滑翔机的性能	6
一 爭取最大高度	7
二 降低下沉速度	20
三 牽引模型滑翔机性能的估計	28
第三章 牽引模型滑翔机的安定性	33
一 俯仰安定性	34
二 橫側安定性	36
三 方向安定性	40
四 盤旋安定性	42
第四章 牽引模型滑翔机的設計	48
一 外型設計	50
二 安定性的校核	71
三 空气动力性能的計算	73
第五章 牽引模型滑翔机的結構設計	74
一 对結構設計的要求	74
二 机翼的結構設計	76
三 尾翼的結構設計	96
四 机身的結構設計	100
第六章 牽引模型滑翔机中的特殊裝置	105
一 自动轉弯裝置	105
二 自动定时强迫降落裝置簡称为“迫降裝置”	114
三 机翼的彈性裝置	123
四 自动轉向上升气流的裝置	126
五 調整重心位置的裝置	129
第七章 牽引模型滑翔机的試飛和調整	130
第八章 現代优秀的牽引模型滑翔机的介紹	136

第一章 緒 論

一 前 言

幾年來，我國航空模型運動有了較大的開展，隨着運動的發展，一些具有一定技術水平和經驗的航空模型組員都想自己嘗試設計模型飛機，這種心情是完全可以理解的。

設計模型是一件很有趣很吸引人的事情。當經過了反復思考、計算繪制出從未有過的模型圖，並把自己設計出來的圖樣制造成模型，而且創造了優異成績的時候，將是多麼愉快，興奮！

設計模型不僅可以運用和加深已有的理論知識和已經取得的經驗，而且可學到更多的、更全面的航空知識，特別是空氣動力學方面的知識。要設計一架新型模型，一定要求組員們把空氣動力學、結構學、制作技術和已經取得的經驗綜合起來。通過設計模型，鍛煉獨立思考的能力，並且發揮組員的創造力，養成理論結合實際的習慣。

許多從前的航模愛好者，當初只是設計模型，而現在却在設計局里工作了，有些成了航空學院的教師，有些成為飛機的駕駛員，更有些已在航空方面取得了很大的成就。“從模型到滑翔機，從滑翔機到飛機”是我們每一個希望作為祖國未來的優秀的航空人員或航空工程師的光輝道路。

有些人把設計模型看得太複雜，認為要設計模型必須先

精通航空理論，高等数学、还要有完善的設備，把設計模型看得高不可攀，因而不敢進行設計；也有些人把設計模型看得过分簡單，認為不需要什麼理論知識，随便湊合就行了，因此不認真也不重視設計。另外也有些人把設計模型看得过分死板，認為只要一套現成的公式就可以設計出來；而且是不必通过什麼實踐和試驗就能設計出性能很好的模型來。所有这些想法都是不对的。設計時必須要有理論指導，充分运用已有的資料和数据，再加上自己的經驗才行。应当注意到：什麼事情在初次搞時不一定会很好，但是并不要緊，只要从中吸取經驗教訓，將來一定会成功。同样，在設計一架模型時，也不会是一帆風順的，而是有着很多的矛盾問題要在經過了反复思考后加以解决的。初次嘗試可能不太成功，設計出的模型性能也不好，但是这并不要緊，也不應該灰心，要耐心地試飛。根据已獲得的理論知識和經驗，仔細觀察、找出毛病，加以修改，祇有这样才能進步，才会設計出好的模型來。

这里將把以前从事航空事業和航模事業的人們所研究的結果，有关于設計牽引模型滑翔机方面的理論介紹給大家，同时还介紹了設計的方法和一些簡單的計算，以供設計時參考。

本書在編寫時考慮到主要的对象是具有相当于高中文化程度的航空模型愛好者。考慮到大家已經具有一定的物理和数学知識，与一些空气动力学方面的初步知識，因而有关物理、数学以及一些象升力如何產生等基本問題，这里就不加敘述了。通过本書可以給大家一个設計牽引模型滑翔机的初

步概念，当然其中难免有不正確和不全面的地方，希望大家指正。

二 牽引模型滑翔机的特點、種類和要求

在講牽引模型滑翔机的設計以前，先介紹一下牽引模型滑翔机是什么样的模型，它有那些特点、种类和对它有那些要求。

(一) 牽引模型滑翔机的特点

牽引模型滑翔机和真的滑翔机很相似，它是沒有动力的模型，其全部飛行時間都处于滑翔的狀態。但是它和真滑翔机仍有一定的区别。首先，模型滑翔机比真滑翔机要小得多，空气的黏性作用更为明顯，因此，模型滑翔机的滑翔性能比真滑翔机要差得多。另一方面，模型滑翔机沒有人操縱它。如果一架模型滑翔机沒有比真滑翔机好得多的安定性，使它在受到外界影响后有足够的力量恢复原有的飛行狀態，那么，模型滑翔机就不可能飛好。

由于牽引模型滑翔机的整个飛行時間都处于滑翔狀態，因此这种模型較橡筋模型飛機、自由飛模型飛機等模型的滑翔性能为好，也就是說牽引模型滑翔机的下沉速度較小。

牽引模型滑翔机是依靠人力牽引上升的，上升的最大高度决定于牽引綫的長度和牽引者的牽引技術。在國際和我國的航空模型競賽規則中都將牽引綫的長度限制为50公尺，它的伸長率不应超过原長的15%。这个規定不是隨便得來的。因为只有在50公尺高度以上，热上升气流才有足够的强度支

持住模型。另一方面如果綫太長，模型飛丟的机会太多，競賽时也不易看到真正成績。

这样，就要求牽引模型滑翔机必須具有利用气流的特點。从近代牽引模型滑翔机的下沉速度來看。如果沒有上升气流的帮助，想要飛个滿分（180秒），是不可能的事。現代好的牽引模型滑翔机飛行時間約在140秒到160秒左右，其余的40秒到20秒就要上升气流來帮助，那怕是極微弱的上升气流也好。因此，就要求牽引模型滑翔机对于上升气流有足够的敏感性，自然，牽引运动員的外場經驗也很重要。

（二）牽引模型滑翔机大致可以分成下列几种（圖一）

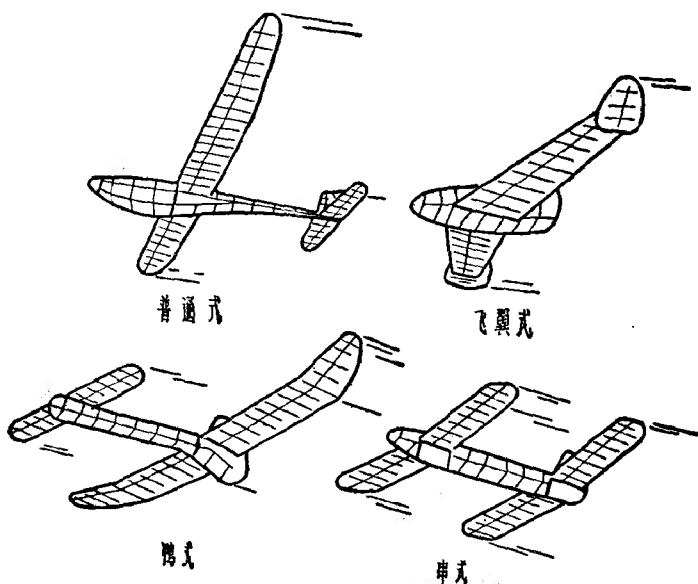


圖 1 牽引模型滑翔机的几种形式

(1) 普通型式的牽引模型滑翔機：它和真滑翔機很相似，有機翼、尾翼和機身。從機身的構造來看，還可以分成杆身及艙身兩種。從總升力面積的大小來看可以分成一級、二級和三級（參看競賽規則）。

(2) 飛翼式牽引模型滑翔機：這種模型只有一個很大的機翼，有時有機身，有時沒有機身。這種模型大多採用“S”型翼型，並且有相當大的後掠角。但如果用了更合適的“S”型翼型，後掠角也可以不要。

(3) 鴨式牽引模型滑翔機：在這種模型上，水平尾翼被放在機翼的前面，有機身和垂直尾翼。飛行方向和普通的模型相反。

(4) 串式牽引模型滑翔機：這種模型也有機翼、尾翼和機身，只不過它的機翼面積和水平尾翼面積幾乎相等，重心在兩者中間。

本書中談及的僅包括普通型式的牽引模型滑翔機。

(三) 對於牽引模型滑翔機的要求如下

(1) 由於牽引模型都用來競賽飛行時間，因此要求它具有最小的下沉速度。

(2) 為了保證牽引模型具有穩定的飛行姿態，要求它具有足夠的安定性，不但能在平靜的氣流中穩定地飛行，而且要在氣流不穩定的情況下，（仍能穩定地飛行）（例如有風和有上升氣流時）。

(3) 要求牽引模型易于牽引上升，以便最大限度地利用牽引線的長度，來爭取高度，也即爭取更長的飛行時間。

(4) 要求牽引模型對氣流的敏感性愈大愈好，使它容

易進入上升气流，并保持在上升气流中，同时，又要求在碰到下降气流时易于脱离。

第二章 牵引模型滑翔机的性能

競賽时，模型性能的好坏与以下三个問題有直接关系。即如何爭取最大上升高度、最小滑翔下沉速度和如何使模型具有保持在最好飛行状态的能力。

如何爭取最大上升高度是第一个問題。对于牵引模型滑翔机來說这就是如何使模型能够在脫鈎滑翔前达到最大允許的高度。这不但与模型本身有关而且与牵引时用的綫及牵引技術有关，而与牵引技術的关系應該說是更为密切。

减少下沉速度对于所有竟时模型來說都是需要的。不过对牵引滑翔机來說却更为重要。牵引模型滑翔机上升高度最多不超过60公尺（綫長50公尺，伸長15%），所以飛行時間的長短完全靠滑翔性能來決定。現代優良的牵引模型滑翔机下沉速率約为0.30公尺/秒。要想提高模型的滑翔性能，必須在模型的外形、翼型等方面着手，而其中翼型更占主要的地位。改良翼型，提高机翼的最大升阻比和最大升力系数对减少下沉速度所起的作用比减少一点机身阻力所起的作用大得多。

至于第三个問題通常称为安定性的問題。模型滑翔机的安定性主要是用來保証模型能够經常在正常的飛行姿态下滑

翔。如果調整的模型在最小下沉速度下滑，但只要有一點气流或陣風便可以把模型的飛行情況改變，也不能自動恢復過來，那麼這次調整便完全失敗了，模型也不可能飛好。

下面就分別討論上述三個問題。（本章主要討論爭取最大高度與減少下沉速度兩問題，並加上一些簡單地估計性能的方法。安定性問題留在第三章中討論）。

一 爭取最大高度

牽引模型滑翔機的競賽規則規定牽引綫的長度為50公尺。擺在牽引運動員面前的任務是如何使自己的模型能夠順利地上升以及最大限度地利用這50公尺長的綫。現代牽引模型的下沉速度已很小，如每秒0.3公尺，如果能夠把模型牽引到50公尺高，則飛行時間就是167秒。如果一架模型只能牽引到40公尺高就再也牽不上去，那麼飛行時間僅有133秒。這樣在競賽時每次要相差30多秒，在飛完三輪以後就相差90多秒，這數字是很大的。

另外，在有上升气流的天气飛行時，若飛得愈高上升气流的強度愈大，模型碰到上升气流的机会也愈多。然而一般的模型要飛到60公尺以上上升气流才有支持它的足夠的強度，而接近地面時還有很多小股亂流會影響飛行成績的。所以把模型牽得高總是好的，那怕是只高出幾公尺，也具有很大意義。

研究模型滑翔機本身對上升高度的影響，爭取最大高度的牽引模型應合乎下列標準：

(一) 牽引模型滑翔機應有很大的升力和較小的阻力

當模型上升到一定高度時，作用在模型上的各個力達到了平衡狀態（圖2）。牽引力F向前的分力與模型的阻力相平

衡，牽引力F向F的分力加上重力與模型的升力平衡。

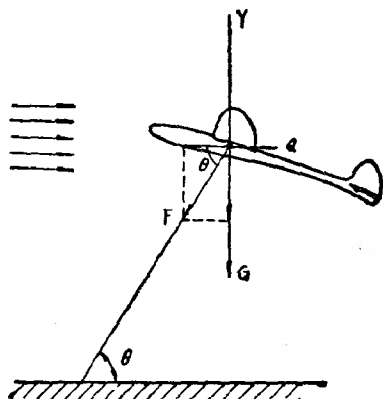


圖 2 牽引模型到了最大高度時各力的平衡

模型不能再上升，只作水平飛行。這時牽引綫與地面所夾的角稱為脫鈎角（模型應在這時脫鈎）。

根據力的平衡狀態可以知道：

$$\text{升力 } Y = G + F \sin \theta$$

$$\text{阻力 } Q = F \cos \theta$$

$$\text{即：} \begin{cases} F \sin \theta = Y - G \\ F \cos \theta = Q \end{cases}$$

$$\text{二式相除：} \frac{F \sin \theta}{F \cos \theta} = \frac{Y - G}{Q}$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{Y - G}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

由此看出，要想增大牽引模型滑翔機的高度，也就是要增大脫鈎角，必須增大整個模型的升力和減小它的阻力（這兒

也應該包括牽引綫的阻力)。重量是愈輕愈好。

(二) 要保證牽引模型直綫上升。

有些模型在牽引上升時，往往容易偏到左邊或右邊去，結果在脫鈎時，高度不高；也有的模型滑翔機在牽引上升時，左右搖擺不定，在很低的高度就自動掙脫。解決這個問題可從兩方面着手：首先是模型的本身要設計好；其次是要有好的牽引技術。每一個牽引運動員都希望自己的模型一撒手便直綫上升到頭頂，怎樣才能作到這一步呢？下面介紹幾種直綫上升的辦法：

(1) 要使牽引模型滑翔機易于直綫上升，最好具有較大的機翼上反角和較小的垂直尾翼。這樣，在牽引上升時就因為風向沒有完全對准，或者空氣流動的不穩定而使模型迎風飛，造成偏斜或搖擺。機翼上反角和垂直尾翼要配合好。更可在機翼上採用彈性裝置，即“彈性機翼”。這樣，由於牽引時機翼所受載荷大於滑翔時機翼所受載荷，使機翼的上反角增大很多，垂直尾面也就相對地減小，模型也就很容易保持直綫上升姿態。而在脫鈎以後，機翼自動地彈下來，回復到原有的機翼上反角和垂直尾面大小的正常配合情況保證平穩滑翔。

(2) 根據直綫上升的要求，模型的牽引鈎不要安裝得太靠後。但是為了照顧到脫鈎角不要減小很多，因此牽引鈎也不能裝得太靠前。為度量方便起見用牽引鈎與垂直綫之間的夾角來決定鈎的位置。這一夾角在 15° — 30° 較好（圖3）。

牽引鈎安裝得靠前，模型容易直綫上升（圖4）。如模型在牽引上升時，由於受到外界的擾亂，使機頭向右偏离牽引

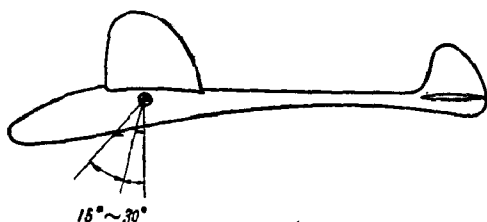


圖 3 牽引鉤的安裝位置

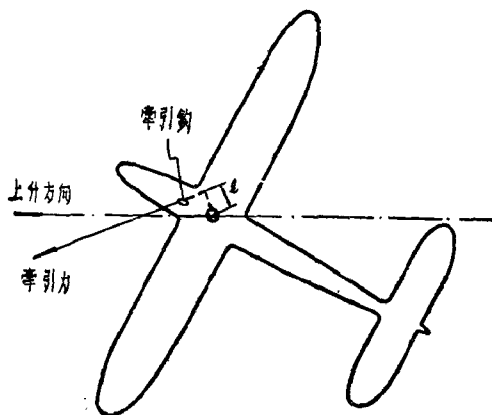


圖 4 牽引鉤前后位置对牵引方向的影响

上升方向，牽引者發現这情况后必然会向反方向（左边）跑，以便把机头拉回来。由圖4可以看出，如果牽引力是相同的，牽引者向左边跑的距离也相同，則牽引鉤安裝得愈靠前，牽引力与重心之間的垂直距离 d 愈大，由牽引力与这一距离的恢复力矩的乘積也就愈大，模型很快的就会回复过来。如果牽引鉤安裝得靠后，則这一恢复力矩短也小。如牽引鉤恰好在重心底下，則这一恢复力矩根本不会產生。如果把牽引鉤安裝在重心后面，这一力矩將使模型更加向右偏轉。

而且太后的牽引鉤容易拉翻模型，也容易把機翼拉斷。牽引鉤稍為靠前，同樣可以牽引到很大的角度才脫鉤，只是要求牽引者跑得快一些就行了。

(3) 為保證直線上升，牽引模型應做得盡量對稱，並應小心地保護它。由於牽引模型的翼展很大，展弦比也很大，機翼比較容易扭曲變形；同時，機翼、特別是水平尾翼的重量要求很輕，結果減弱了結構，也容易變形。在對稱方面要注意的是：機翼與水平尾翼左右兩邊的迎角要盡量相同，如果一邊扭向迎角增加，一邊扭向迎角減小，就會在牽引上升時向一邊偏斜。機翼與水平尾翼的相對位置從前面看應該很正確，如象圖5所示，

很容易在牽引上升時發生偏斜。垂直尾翼必須安裝得與機身縱軸一致，並且不應產生扭曲變形。機翼左右兩邊的重量不可相差太大，稍為差幾克並沒有多大關係，因為機翼的空氣動力遠比這些差額要大但相差太多即能影響飛行性能。牽

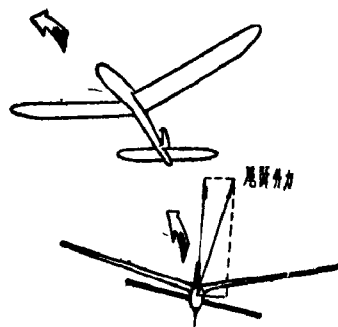


圖5 不正確的水平尾翼將使模型在牽引上升偏斜。

引鉤必須安裝在飛機的對稱平面內，即安裝在正中間。偏裝在一邊的鉤子對於沒有自動轉彎裝置的模型來說，安裝起來有它有利的地方。在牽引上升時，牽引力向前的分力與鉤子偏裝到一边的距離，組成了一個使模型滑翔機偏轉的力矩，這一力矩與方向舵力矩平衡，使模型直線上升。如果牽引鉤裝在左邊，則這一力矩就促使模型向右偏轉，而模型滑翔機應

向左轉。但是隨着高度增加，牽引力向前分力減少偏轉力矩減少，而模型方向舵產生的轉彎力矩愈來愈大，結果就是到不了頭頂便脫鉤，而脫鉤時的高度就受到了損失（圖6）。

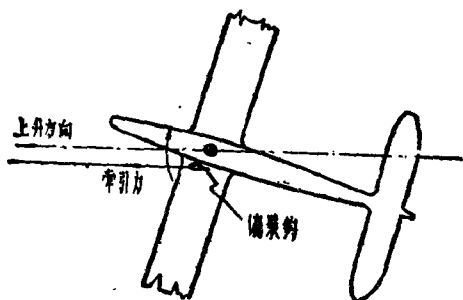


圖 6 偏裝牽引鉤將造成不良的上升情況

以上情況在制作時必須注意。而且在每次起飛以前，都應該檢查模型是否變形，如果發現有了變形，一定要設法糾正，不可馬虎。

（4）採用自動轉彎裝置可以幫助模型直線上升（自動轉彎裝置將在第六章中討論）。要完全消除牽引模型上一切不對稱的因素是十分困難的，因此採用自動轉彎裝置，如果牽引上升時，舵在中間模型要向右偏，則可以把舵調節到在牽引上升時不在中間，而偏向左邊。這樣，舵的空氣動力將產生一個向左轉的力矩來抵消由於模型滑翔機不完全對稱而產生的右轉力矩，保證模型滑翔機能夠作直線上升。而在脫鉤以後，舵仍然到原來的偏轉位置，保證模型滑翔機用合適的直徑作盤旋飛行。

（5）從很多人的實踐中證明：如果加大機身下面的垂

直尾面，也就是說把垂直尾翼的面積移到下面來，會增加牽引模型上升時的安定性，有利於直線上升（圖39E）。

除了模型本身條件外，選用的牽引綫是否合適對牽引模型的上升高度也有很大關係。凡是牽引綫本身都有重量，在與空氣相對運動時也將產生阻力。這一重量和阻力一部分作用在模型上，影響它的上升速度和高度，一部分則由牽引者負擔。

由圖7可知：當牽引模型已經到了它的最大上升高度而只作平飛時，牽引綫的阻力和重力使得牽引綫彎曲得很厲害，雖然牽引力與地面所成的 θ 角已經達到了很大的角度，但是 β 角卻並不大，再加上牽引綫的彎曲，更縮短了

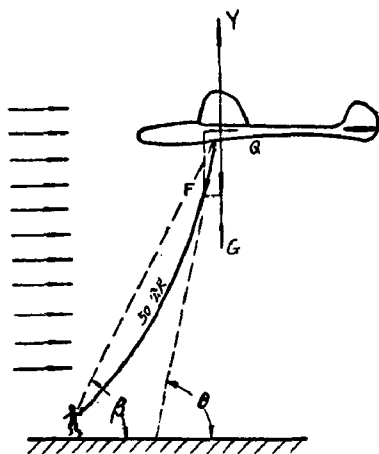


圖 7 牽引綫受到本身阻力和重力的作用情況

牽引者到模型滑翔機之間的距離，模型的上升高度因而降低。

所以應選用斷面細、表面光滑、重量輕而強度大的牽引綫。斷面愈細阻力即小，但如果象絲綫一類的綫斷面很細，但外表面有很多絨毛，阻力仍然很大。牽引綫的強度同樣十分重要，在競賽中如果牽引時斷綫，雖然按照規則可以作為一次障礙飛行，允許再飛一次，但終究是不好的。這樣必須用備份模型來作正式飛行，還會造成運動員的緊張，以至弄得手忙腳亂。一般牽引綫如果能承受3公斤到4公斤的拉力才

断的话，用于牵引大致不会有断线的危险，因为现在的競賽不会在超过6公尺/秒風速时進行。

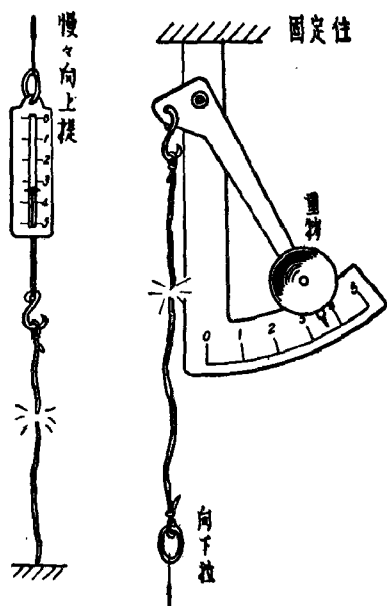


圖 8 測牽引綫的最大拉力

挂上一公斤东西，刻一条綫，挂二公斤再刻一条綫，依次刻下去就行了。使用时把牽引綫慢慢向下拉，在断裂时指示的刻度就是牽引綫的最大拉力。

下面介紹兩種較好的綫，可以用作牽引綫。第一种是釣魚用的細麻綫(在出賣釣魚用具的地方都能買到)，淺黃色的和咖啡色的都可以，直徑在0.3—0.5公厘間較好。太細的拉力不够，太粗將增大阻力。这种綫的特点是伸長率很小，約2%左右。第二种是化学工業制品“尼龍綫”，直徑也在0.3

要試驗牽引綫在多少公斤的拉力下才断掉，方法很簡單。拿一把最大秤量为5公斤的彈簧秤，取一段牽引綫，將它的一端縛在秤鈎上，然后慢慢的拉，直到牽引綫拉断，看它断时彈簧秤的讀数就行了。如果找不到彈簧秤，可以自己做个仪器來測量(如圖8右面所示)。做好后要用已知重量的重物來校准。首先刻好零公斤綫，然后

—0.5公厘間較好。顏色沒有關係，這種綫的特点是圓断面，表面十分光滑，因而阻力很小；并具有較大的彈性。由于規定牽引綫的伸長率不得超過15%，所以彈性太大的尼龍綫也不適用，買時應該注意。伸長率可以這樣量：拿一段尼龍綫，任意取一段長度，在兩端結兩條綫，然后用大約一公斤的力量拉，設原來的長度為 L 公厘，而現在的長度為 $(L + \Delta L)$ 公厘，則伸長率等于：

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \times 100\%$$

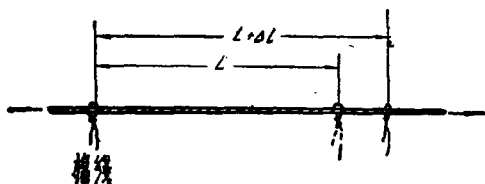


圖 9 牽引綫的伸長率

新尼龍綫要比舊的伸長率大很多。

牽引綫如果使用得小心，可以保證在很長的時期內，不發生斷綫事故。牽引綫最怕在牽引完畢後繞綫時由地上拖過來，這樣幾次以後，如果是釣魚用麻綫就發生起毛現象，如果是尼龍綫就出現裂口，在以後的使用中經常斷綫。因此必須一邊繞一邊向前走。另外牽引綫也不可屈折得太厲害，特別是尼龍綫，所以將牽引綫繞在圓盤上要比繞在板上好得多。

繞綫盤可以利用現成的，如釣魚桿上的綫盤，也可以用好的木頭自己做。其做法和拿法見圖10。

牽引技術的好壞會在相當程度上影響模型的上升高度。

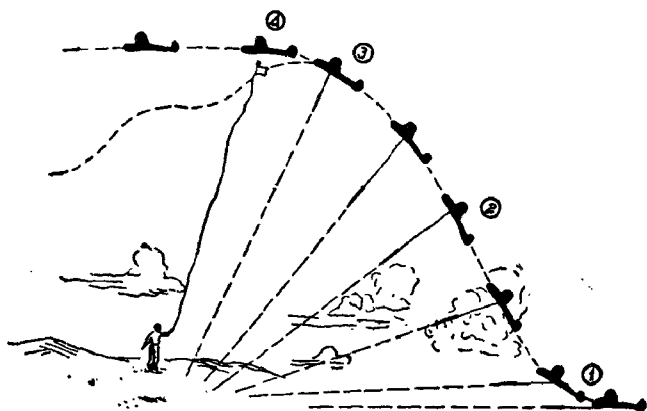


圖11 牽引模型的上升路線

由圖11可以看出，當模型剛離手時，基本上是沿着水平方向飛行，這時要保持牽引綫張緊，不致於脫鉤，牽引者跑的速度必須大於模型的滑翔速度。由於速度增長，模型很快地抬頭上升（圖11中的情況①）。接着模型就猛烈上升，這時的上升速度是較大的，迎角也是很大的，機翼在這種情況下是全部上升過程中受力最大的時候，牽引者可以感覺到牽引綫的拉力增大很多。雖然上升的速度很快，但是在地面的投影速度卻不大（圖11中情況②）。到後來，作用在模型上的各個力漸趨於平衡，模型就開始低頭，並且保持平飛，不再上升了。這时的地面投影速度差不多就是滑翔速度了。但在情況③時仍不可脫鉤。雖然由牽引者看來，高度已經够高，但是模型的迎角仍相當大，提早脫鉤會促使模型滑翔機作幾次波狀飛行，損失很多高度。由此可以得出結論：在牽引時，剛開始的階段要快跑，速度必須大於滑翔速度，否則模型將

飛得比人快而脫鈎；但也不能跑得太猛。以免模型很快的豎起來，脫鈎，然後俯沖撞地。這一快跑階段所需時間很短，一般在小風時跑十几步就結束了，風稍大時約五、六步，風大時幾乎不需要跑，只要等一忽兒這個階段就過去了。接着牽引者就要減慢速度，這時模型正很快地上升，對地面的速度不大。另外，這時候牽引綫的拉力很大，牽引者必須十分注意到這一點，如果不小心，折斷機翼都發生在這一階段里。當模型快到頂時，投影于地面的速度逐漸增加；因而牽引者應該再增加些速度。由於模型快要脫鈎，因此不要跑得太快了，只要與模型的滑翔速度差不多就行了（指無風情況而言，有風時應該慢些）。然後一定要經過一個短時間的停頓才能松綫脫鈎。手中預先留一點綫，到要脫鈎時慢慢放出去可以保證脫鈎的平穩。所留綫的長短，以風的大小決定，一般地在有小風時約留兩公尺左右，風大應增加，風很小時可減少，甚至不留都可以。這裡要着重指出的是：牽引者跑的速度應該由手中感覺到的力量來決定。力量小跑快些，力量大跑慢些，甚至於可以倒退跑。這一力量的大小以保證不會折斷機翼，拉斷牽引綫為限。每個牽引者應該經常練習，使自己的手能夠靈敏的感覺出力量的大小來。

在牽引時必須隨時隨地注意模型，不能東張西望，所跑的路應在牽引前先看好，而跑時只偶然看一眼前面。經常注意模型可以及時糾正它的偏斜情況。遇到模型偏斜時本來是很容易拉過來的，但是如果發現太遲將會增加很多困難，有時還會無法挽救。當模型因外界影響偏到一邊時，比如向右偏，則牽引者應向左边跑來糾正它。要注意的是當模型快从

偏斜中糾正好時，就應該跑回中間，減小些牽引綫的拉力，免得一下子拉得過猛，模型又跑到左邊去了，這樣就有可能把左右搖擺現象擴大而被迫在低空脫鈎。當模型就要回到中間了，應馬上拉着它向前跑。有些模型在快到頭頂時總要偏向一邊，這是因為它不完全對稱，而牽引上升時，牽引力向前的分力很大，模型不易偏轉；當快上升到頭頂時，牽引力的向前分力減小了，于是就現出偏轉來了。這時如果已不容易拉回中間，應立即脫鈎，免得時間拉長了，更降低高度。一般來說當模型已升到頂了，再要用牽引力使它恢復過來十分困難，因為這時牽引力的向前分力很小，雖左右偏着牽，但造成的恢復力矩更小，較好的辦法是以與模型同樣的速度順着模型偏的方向跑一段後脫鈎，這樣既不會再損失高度，也不會使脫鈎過猛。

在脫鈎前不但要有一小段時間的停頓，讓模型減小迎角，降低速度。最好在脫鈎前還使模型向本來調整好的滑翔轉彎方向偏轉一些，這樣脫鈎將更加平穩。

牽引綫的伸長率對於在有風天氣牽引時脫鈎的難易程度有影響。象伸長率較大的尼龍綫，在牽引上升時受力很大而伸長了，當要脫鈎時慢慢放綫，由於綫的彈性很大，放綫只是讓它自己縮回去。並不能就此把綫內的拉力減到幾乎沒有。只要綫內拉力仍然存在，要脫鈎就不可能，往往模型已飛過頭頂，拉力的水平分力向後了，才迫使鈎子脫離。這種脫鈎一般來說模型不易平穩；並且由於脫鈎的延遲，高度也有了降低。由此可知，在風較大的天氣，牽引者應該用伸長率小的綫，而在風小時可以採用伸長率較大的綫。在風大時

採用伸長率較大的綫來牽引也可以，不過需要在手中多留几公尺綫，要求牽引者既能平穩地放綫，不使模型滑翔機因放綫太快而提早脫鈎；又要保證手里的綫能夠完全放出去，不要到脫鈎了，手中還有好多綫留着，這樣將影響模型的高度。

二 降低下沉速度

牽引模型滑翔機在滑翔時總是一面向前滑翔一面降低高度。每秒鐘所降低的高度稱為下沉速度（ V_y ）。下沉速度的大小與模型的滑翔速度（ V ）及滑翔角（ θ ）有關。滑翔角通常稱為下滑角，就是模型滑翔時的路綫與水平面所夾的角（圖12）。從圖上我們可以看到下沉速度、速度和下滑角之間的關係。

$$V_y = V \cdot \sin\theta \dots\dots\dots (2)$$

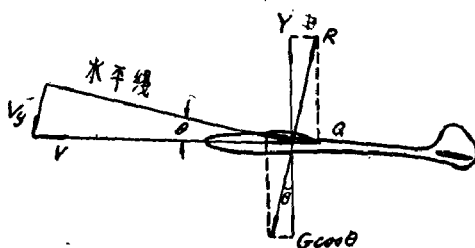


圖 12

要想提高模型滑翔機的飛行時間必須減少模型的下沉速度。因此必須使模型飛行緩慢（減少 V ）或者下滑角很小（減少 θ ）。最小的下沉速度是在下滑角很小（但不是最小）

而速度又很慢时獲得。这时机翼的迎角称为經濟迎角。

絕大部分牵引模型滑翔机的下滑角很小，一般是在 6° 左右。从圖12上可以看到，在穩定滑翔时模型的升力等于重量的一部分，而阻力等于重力的另一分力，变成公式便是：

$$Y = G \cos \theta \quad Q = G \sin \theta$$

將这两个公式相除可得

$$t_g \theta = \frac{\theta X}{y} = \frac{1}{K} \dots\dots\dots (3)$$

式中 θ 是下滑角， K 是升力与阻力之比，称为升阻比或模型的空气动力特性。当 K 愈大时 $t_g \theta$ 便愈小，也就是下滑角愈小。所以使模型滑翔机用有利迎角飛行时，模型的升阻比便最大，这时的滑翔角便最小。用手投放时模型滑翔机滑翔的距离最远。不过这时由于滑翔速度还相当大所以模型的下沉速度不是最小。

要計算模型的下沉速度，首先要求出模型的滑翔速度。当下滑角不大时（ 6° 左右），可以把 $\cos \theta$ 当作1，这样，便可以利用升力与重量相等的关系求出滑翔速度：

$$\therefore y = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_y$$

$$\text{又 } y = G \cos \theta \approx G$$

$$\therefore \frac{1}{2} \rho V^2 S C_y = G$$

$$V = \sqrt{\frac{2G}{\rho S C_y}}$$

式中 V ——滑翔速度 (公尺/秒)；

G ——模型重量 (公斤)；

S ——机翼面积 (公尺²)；

ρ ——空气密度 (一般可用 $\frac{1}{8}$ 公斤秒²/公尺⁴)；

C_y ——升力系数。

將 ρ 的数值代入得

$$V = 4 \sqrt{\frac{(G/S)}{C_y}} \dots\dots\dots (4)$$

(G/S) 称为翼荷重或翼载荷，單位是 (公斤/公尺²)。

如果按一般習慣用 (克/公分²) 作單位的話，公式 (4) 应寫为

$$V = 1.26 \sqrt{\frac{(G/S)}{C_y}} \dots\dots\dots (5)$$

当 θ 角不大时， $\sin \theta$ 与 $t_g \theta$ 的数值相同，因此下滑角与升阻比的关系可变为

$$t_g \theta = \frac{1}{K} \approx \sin \theta$$

这样下沉速度便是：

$$V_y = V \cdot \sin \theta = V \cdot \frac{1}{K}$$

將 V 公式代入得

$$V_y = \frac{1.26}{K} \sqrt{\frac{(G/S)}{C_y}} \dots\dots\dots (6)$$

式中 V_y ——下沉速度 (公尺/秒)；

K ——整架模型滑翔机的升阻比；

C_y ——升力系数；

G/S ——翼载荷（克/公寸²）。

如果知道自己的模型滑翔时的迎角，可查到机翼升力系数，算出該迎角的整架模型升阻比和翼载荷，那么模型滑翔机的下沉速度便可用公式（6）求得。

根据公式（6）可以看到，要設計一架下沉速度很小的模型可从三方面着手：1.减少翼载荷；2.增大模型的升阻比；3.增加模型滑翔时的升力系数。现在就从这三方面加以討論。

减少翼载荷——从公式（6）可看到，翼载荷愈小，模型的下沉速度也愈小。可是一般競賽規則都規定了最小的总升力面载荷。总升方面包括机翼及水平尾翼的面積在內。要想减少翼载荷惟一的方法是减少水平尾翼面積，而为了保証仍有足够的俯仰安定性，采用較長的机身以加大尾力臂（ l_{ro} ）（圖13）。小尾翼的模型滑翔机在气流平靜时滑翔性能是比較好的。可是它容易受不穩定气流的影响。尾翼翼弦太小，雷诺数小，效率也不高，容易波狀飛行。尾力臂过長

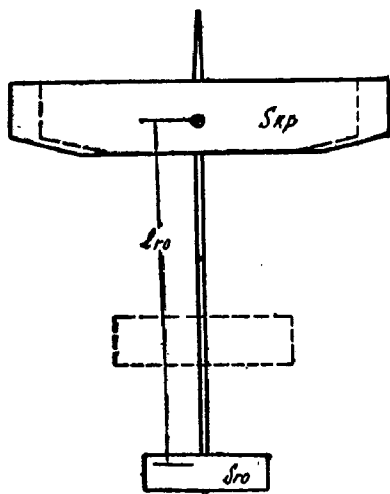


圖13 長尾力臂的模型

的模型“迫降”性能也不好。当水平尾翼彈起進行迫降时，容易發生波狀和翻筋斗現象以至摔坏模型。总的來說，用减少尾翼面積的方法來减少翼載荷以便达到减少下沉速度的目的受到很大的限制，所以作用不十分明確。

2. 增大模型的升阻比——模型的升阻比与迎角有关。在小迎角时，增大迎角可增大升阻比，但到了一定迎角后，升阻比也到达最大值，这时迎角再增大升阻比反而减少。要設法增加的升阻比是指可能產生的最大升阻比。

升阻比就是升力与阻力的比值。模型的阻力愈小，升阻比愈大。在大迎角飛行时，整架模型的阻力約 $2/3$ 以上是由于机翼產生的，只有 $1/3$ 左右是由于机身、尾翼等產生。故要增大升阻比首先要設法减少机翼的阻力。机翼的阻力一般包括兩部分：一是誘導阻力；一是翼型阻力。减少這兩部分阻力所采用的方法是完全不同的。

从空气动力学的研究中可以知道，机翼誘導阻力系数可用下式求得：

$$C_{xi} = \frac{0.3l C_y^2}{\lambda} \dots\dots\dots (7)$$

式中 C_{xi} ——誘導阻力系数

C_y ——升力系数

λ ——机翼展弦比

从公式(7)可看到，要减少誘導阻力最好的办法是增加展弦比，把机翼作成又狭又長的形狀。現代的牽引模型机翼展弦比往往达到12或13以上。不过展弦比增加以后，机翼需要特別加强，否則容易折断，而且机翼面積是一定的，展

弦比愈大，翼弦便愈小，而翼弦太小时，会大大增加翼型阻力。

翼型阻力主要是与翼型形状有关，同时又与模型飞行时机翼的雷诺数（ Re ）有关。翼型愈薄，翼型中弧线弯曲度愈小，翼型阻力便愈小。所以对称翼型阻力最小。不过从升阻比增大的要求来看，翼型不宜用对称的，对称翼型升力系数不大。一般翼型中弧线在6%—9%翼弦长，厚度3%—8%左右最好。

至于机翼的雷诺数可用下式求得：

$$Re = 690V \cdot b \dots\dots\dots (8)$$

式中 V ——模型飞行速度（公尺/秒）

b ——翼弦长度（公分）

从模型的空气动力学研究可以知道雷诺数就是辨别机翼在飞行时受空气黏性作用影响大小的根据。雷诺数愈大，在机翼表面流过的气流可以产生乱流边界层，阻力也就愈小。相反的当雷诺数小到一定程度，譬如说30,000（相当于模型飞行速度很慢，而翼弦又很小），在机翼表面便只可能形成层流边界层，大迎角飞行时阻力较大。根据实际试验的结果证明这些理论是正确的。而且从试验中，不断减少雷诺数，测量机翼阻力时，往往可以发现翼型阻力系数突然增加的现象。这时候的雷诺数称为临界雷诺数（ $Re_{\text{临界}}$ ）。当模型飞行时机翼的雷诺数小过临界值，那么翼型的性能便很坏。各种不同翼型临界雷诺数的数值都不大，如N—60翼型是68,000左右，其他较薄而弯的翼型可能少一些。设计模型时本来

應該使翼弦大到足以保證超過該翼型的臨界雷諾數才好，可惜的是對各種翼型的臨界雷諾數都不知道（很少這方面的試驗數據），所以沒法這樣作。一般是根據翼型資料（可查閱“模型飛機的翼型”等書），選擇升阻比較大的翼型，同時盡量把翼弦長度加大一些。薄而彎的翼型臨界雷諾數較小，翼弦也可以小一些（如150公分），厚一些的翼型則要用大一些的翼弦（如汗斯汗申斯翼型翼弦最好在175公分以上）。

此外，要減少阻力，增大升阻比還必須注意機身及模型的其他各部分。只有盡量減少阻力才可能得到較大的升阻比，才能獲得良好的性能。機身斷面不宜太大。機身、機翼、尾翼等互相連接部分要密合，不宜有縫，否則會產生很大的阻力。在模型的外面不要有多餘的東西，露出外面的零件要盡量作成流綫型。

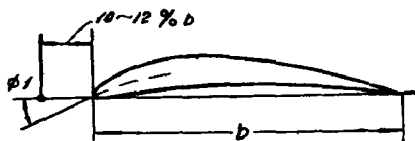
3. 增大升力系數——模型在滑翔時升力系數愈大速度愈慢，所以大升力系數是很需要的。在升阻比相同時，具有較大升力系數的翼型較好，所以能在較大的迎角時不失速。產生升力系數較大（阻力系數也較大）的翼型比迎角不大時便失速、升力系數、阻力系數都較小的翼型好。薄而彎的翼型往往便是較好的翼型。同一個翼型在大雷諾數時相同迎角升力系數可以較大，因此翼弦長度增大是很有好處的。此外還可以用一些人工的方法增加升力系數，譬如擾流器便是很通用的方法。擾流器主要的目的是想使氣流在模型的機翼表面產生亂流邊界層，提高翼型的性能。

現在把常用的四種擾流器形式介紹如下：

（1）張綫式：見圖14，在機翼前緣的前面張一條擾流

綫。这条擾流綫采用直徑一公厘左右的圓断面橡筋最好，采用 1×1 的方断面橡筋或具有彈性的尼龍綫也不錯。擾流綫距前緣的距离在 $10-12\%$

翼弦長較好 范围在机翼中弧綫的延長綫和机翼弦綫間的夾角內。一



般來說，对于那些需要

圖14 擾流綫的安裝

用較大迎角飛行的翼剖面，擾流綫應該裝得低一些；而對於那些需要用較小迎角飛行的翼剖面，擾流綫最好裝高一些。具体要求裝在什麼地方隨各架模型而變，要由試驗來決定。

(2) 貼綫式，見圖15，在机翼前緣部分的上表面貼上綫或細的木条。綫的直徑約 $0.8-1$ 公厘，細木条可以用 1×1 公厘。對於三級牽引模型的翼弦，綫貼在距前緣五公厘左右較好，也有些人貼得更后，到底在什麼位置最好，需要經過試驗決定。

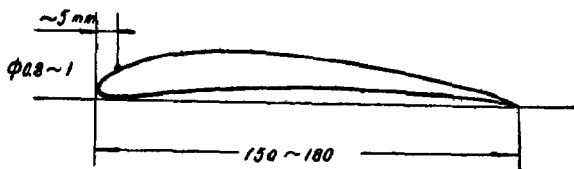


圖15 机翼上表面貼綫

(3) 机翼上表面的前緣部分貼細砂紙，或者粘些細的木屑。粗糙程度和貼的寬度應根據不同的模型作試驗（圖16）。

(4) 机翼前緣部分穿一排孔。穿孔可以在蒙紙上刷完綫布油后用針或鋼絲來進行。孔的直徑在 0.9 到 1.1 公厘之

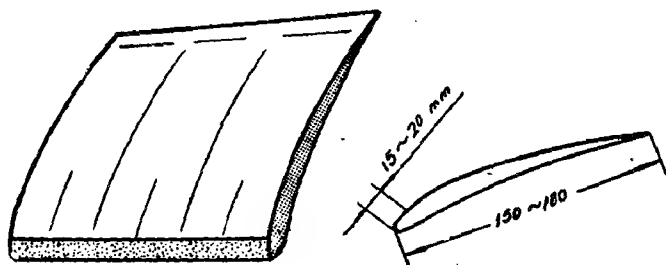


圖16 机翼粗糙的上表面

間，对三級牽引模型來說，孔与孔相距約25公厘，一般恰好是每个半翼筋及全翼筋之間穿一个孔，穿孔要求上下穿通，离开前緣的距离在15公厘左右。

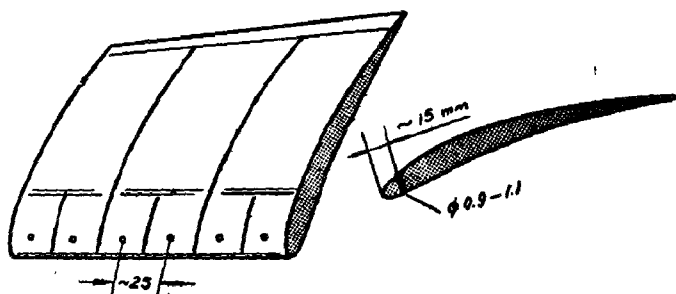


圖17 机翼前部穿孔

总之降低模型滑翔机的下沉速度的方法很多，需要仔細選擇及試驗才能得出最好的結果。

三 牽引模型滑翔机性能的估計

要想在設計模型滑翔机时便估計出它的性能來，最好根据下列步驟進行：（一）根据选用的翼型找出有关翼型的一

切数据來；（二）根据設計的机身等各部分大小及形狀估計出它們的阻力系数；（三）算出模型的最大升阻比或者在下沉速度最慢时的升阻比；（四）算出模型的滑翔速度及下沉速度。

計算性能所用的資料最好是利用真飛機試驗室的風洞試驗出來的数据或者在模型上試驗出來的数据。如果找不到直接的資料时，可以根据各种关于模型的書刊所發表的資料來進行。实在找不到的个别資料則根据理論演算估計。在这里我們主要是說一說如何根据書刊上所發表的資料和理論來估計模型滑翔机的性能。

第一步首先是找出所选用的翼型的数据。这些数据最好有：翼型阻力系数（ C_{x0} ）、升力系数曲綫和極綫等。如果找不到这些数据应根据形狀接近的翼型找出別的翼型的数据。譬如汗斯汗申斯翼型缺乏資料，可以在有关翼型的書上找到和这一翼型厚度近似的如 NACA 6412或MVA 301等的阻力系数，估計出它的最小阻力系数（ C_{x0} ）大約是0.023左右。

根据設計的机身形狀及最大的切面面積估計出机身的阻力系数來（查圖18中的表）。其他如垂直尾翼、水平尾翼等也都可以在表中查出。

必須注意的是，在表中查出的阻力系数是根据各物体的断面面積或表面面積計算出來的。在用來計算整架模型的最大升阻比前还必须变一变。計算的方法是：將各部分的断面面積求出，乘上阻力系数，再用机翼面積除便得到可以和翼型阻力系数相加的各部分阻力系数。譬如用橢圓形机身，断面面積是

名 称	形 狀	C _x
机 身	方 形 断 面	0.21
机 身	橢 圓 形 断 面	0.13
翼 台	一 般	0.35
尾 翼	用平面面積計算	0.021
鋼 絲	最大縱切面積	0.9

圖18 各种物体阻力系数

6平方公分，那么机身的阻力系数从表中查出是0.13，当机翼面積是26平方公分，那么机身阻力系数可換算为（平方公分要变为平方公分）：

$$\frac{0.13 \times 6}{26 \times 100} = 0.0003$$

这种換算方法变成公式便是

$$C_{x总} = C_{x0} + \frac{S_1}{S} C_{x1} + \frac{S_2}{S} C_{x2} + \dots \dots \dots (9)$$

式中 C_{x总}——总力系数；

C_{x0}——翼型阻力系数；

C_{x1}, C_{x2}——各部分的阻力系数；

S₁, S₂——各部分的阻力系数所用的計算面積（如机身的最大断面積）；

S——机翼面積（公分²）。

在計算各种面積时注意采用相同的單位，如平方公分或平方公分都可以。

計算出总阻力系数以后如果知道翼型的極綫，那么整架模型滑翔机的極綫便可以很容易地求出。很可惜絕大部分翼型缺乏有关的資料，附有極綫資料的翼型只有几种，所以只能用一些理論計算的方法來估計整架模型的最大升阻比。然后根据此升阻比估計模型的性能。

整架模型滑翔机的升阻比應該是升力系数和阻力系数之比。其中阻力系数还应该包括誘導阻力系数 (C_{xi})。誘導阻力系数可根据升力系数 (C_y) 和机翼展弦比 (λ) 的大小算出 (公式7)。但是問題是要求出整架模型的最大升阻比而不是随便那一个迎角的升阻比。从真飞机的理論中知道，在最大升阻比时，誘導阻力應該等于总的廢阻力。根据这个关系可得到下式：

$$K_{max_1} = 0.8 \sqrt{\frac{\lambda}{C_{x_{总}}}} \dots\dots\dots (10)$$

$$C_{y_1} = 1.77 \sqrt{\lambda C_{x_{总}}} \dots\dots\dots (11)$$

式中 K_{max_1} ——最大升阻比；

C_{y_1} ——在 K_{max_1} 时的升力系数；

λ ——机翼展弦比；

$C_{x_{总}}$ ——总阻力系数 (誘導阻力不在內)。

假設設計模型滑翔机具有如下数据：重量450克翼面積26公寸²展弦比12，水平尾翼5公寸²，垂直尾翼1公寸²，机身是橢圓断面，最大断面積0.09公寸³翼型是 NACA 6412，阻力系数0.025。那么这个模型的最大升阻比估計如下：

从表中查出机身阻力系数0.13；尾翼0.021

$$\begin{aligned}
 C_{x\text{总}} &= 0.025 + \frac{0.09}{26} \times 0.13 + \frac{5+1}{26} \times 0.021 \\
 &= 0.025 + 0.0005 + 0.0049 \\
 &= 0.0304
 \end{aligned}$$

如果估計各部分互相有干擾，阻力系数通常可加 10 %，即 $C_{x\text{总}} = 0.0304 + 0.0030 = 0.0334$

代入公式 得 $K_{\max_1} = 0.8 \sqrt{\frac{12}{0.0334}} \doteq 15 \#$

模型的下滑角是 θ ，則

$$t_{\theta} = \frac{1}{K} = \frac{1}{15} = 0.0665$$

∴ 从三角函数表查出 $\theta \doteq 4^\circ$

这时候的升力系数为

$$C_{y_1} = 1.77 \sqrt{12 \times 0.0334} = 1.77 \times 0.63 = 1.12 \#$$

本來模型滑翔机在下沉速度最小时的迎角要比有利迎角大一点（經濟迎角），即升阻比要比最大升阻比稍为小一些，而升力系数稍大一些。但由于缺乏准确資料，理論計算和实际情况有些出入，所以用最大升阻比計算性能反而和实际情况更接近。

现在知道升阻比 K_{\max_1} 和当时的升力系数 C_{y_1} 后 便可以用公式（5）（6）來算滑翔速度和下沉速度了。將一切已知数值代入得：

$$\text{滑翔速度 } V = 1.26 \sqrt{\frac{450/26}{1.12}} \approx 5 \text{ 公尺/秒} \#$$

$$\text{下沉速度 } V_y = \frac{V}{K} = \frac{5}{15} = 0.33 \text{ 公尺/秒} \#$$

計算的結果偏于好的方面，所以当牵引50公尺高度时模型的滑翔时间为

$$\frac{50}{0.33} = 150 \text{ 秒即2分30秒}$$

这架举例用的模型滑翔机所达到的性能已相当于目前国际水平。

第三章 牵引模型滑翔机的安定性

模型滑翔机安定性的好坏与它的性能有直接关系。安定性良好是保证模型的性能能否充分发挥的必要条件。如果模型不能在紊乱的气流或阵风飞行时，这架模型的实际性能就不好（室内模型例外），因为完全没有风和没有紊乱气流的天气是极少的。

飞机的安定性通常可分为俯仰安定性、横侧安定性、方向安定性和盘旋安定性四种。模型滑翔机的安定性也是这样。最后一种安定性其实就是方向安定性和横侧安定性互相影响的结果。对于模型滑翔机来说，俯仰安定性是用来保证模型能在调整好的迎角下滑翔，使下沉速度最慢，同时遇到上升气流时不会进入波状飞行；盘旋安定性是用来保证模型能作

穩定的盤旋，不會盤旋下墜，也不會受風的影響一轉彎便掉高度。

以上所說的幾種安定性通常稱為靜安定性，也就是模型受到擾亂以後能自動恢復原來狀態的能力。不過，有自動恢復能力並不等於說模型便會真正恢復到原來的正常狀態。用橡筋懸挂一個重物很容易說明這情況。當用手把重物向下拉使它離開原來平衡位置以後，只要一松手，重物立刻向原來位置移動。這就是說，它具有很好的靜安定性。但是，重物要真正回到原來位置還必須經過很多次上下振動。因此可以說它的“動安定性”不好。動安定性就是指這種真正能回到原來位置的能力。模型滑翔機的波狀飛行往往便是因為它的動安定性不好之故。波狀飛行是影響模型滑翔機性能能否充分發揮的一個最大敵人，所以設計模型滑翔機時也要把動安定性加以考慮。

一 俯仰安定性

模型滑翔機的俯仰安定性用兩個因素來衡量，一個是重心相對於翼弦的位置，一個是水平尾翼的大小和對重心的距離。只強調一個而不考慮另一個是不對的。其他影響俯仰安定性的因素還有很多，如翼型、尾翼翼型、展弦比等，不過這些因素作用不如前兩者明顯，設計時可以不予考慮。

重心位置對安定性有重要影響。當重心在平均翼弦的前緣到距前緣 $1/4$ 翼弦長之間時，模型是安定的（即使不用尾翼）。重心愈靠後安定性便愈差。重心在機翼後緣之後時，需要用很大的水平尾翼才能保證模型有足夠的安定性。一般

來說重心最好在50%翼弦長到80%翼弦長之間。對於有這樣範圍的重心位置的模型俯仰安定性可與尾翼相對大小及對重心相對距離而定。這就是模型的“俯仰安定係數”(A_{俯仰})。

$$A_{\text{俯仰}} = \frac{S_{\text{尾}} L_{\text{尾}}}{S_{\text{翼}} b} \dots\dots\dots (12)$$

式中 S_尾——水平尾翼面積(公分²)；

S_翼——機翼面積(公分²)；

L_尾——水平尾翼1/4翼弦處到重心距離(公分)；

b——平均翼弦長(公分)。

現代的牽引模型滑翔機的 A_{俯仰} 通常在0.8—1.1之間，俯仰安定係數可用來作為判斷模型滑翔機俯仰安定性好壞的一個依據。這個係數太大並不合理，因為這必然是過分增大尾翼面積或延長機身後部的結果。前者會使機翼面積減少（總升力面積是規定了的），影響滑翔性能，而後者有使機尾過重的危險。

調整好的模型滑翔機通常是在大迎角下飛行，機翼很容易失速，因此機翼與水平尾翼安裝角之差也是保證俯仰安定性的重要因素。機翼安裝角應大於水平尾翼安裝角。當模型受到上升氣流擾亂或其他原因以致機翼失速時，水平尾翼尚未失速，仍然能夠產生升力使機尾不向下掉。這樣模型便會改為俯衝，增加速度，減少機翼迎角以致從俯衝中改出。這現象就是通常所說的波狀飛行。本來大家並不希望模型進入波狀飛行。但如果受外界影響以致機頭抬起太多，機翼失速後，波狀飛行總比整架模型向下掉或尾巴向後退掉下來好。一般機翼尾翼安裝角差是4°—6°，根據不同重心位置及翼型

而定。但总应有这差角。

此外俯仰安定性的好坏对模型的波狀飛行有着最密切的关系。而影响俯仰安定性的两个因素中又以重心的位置起主要作用。如果机翼翼型选择不好，在臨界迎角附近升力系数变化很突然，模型容易進入波狀飛行。但是，只要模型的重心位置不太后（60%以前），俯仰安定系数足够大（0.8以上），波狀飛行是可以大为减少的。發現模型有容易波狀飛行的缺点以后，設法使重心前移比加大尾力臂或尾翼面積等方法效果好得多。

模型的俯、仰、动安定性表现在万一進入波狀飛行后，須要經過几个波狀起伏才能改出。动安定性好的模型往往只需要一次便恢复正常。增加模型动安定性的方法是尽量使整架模型滑翔机的重量靠近重心。机身末端、尾翼等部分都应在保持足够强度条件下减少重量。由于目前还没有簡單的方法来估計动安定性的好坏，所以在設計牽引模型滑翔机时只能經常考慮到重量集中問題并設法作到这一点。

二 橫側安定性

使模型在傾斜以后自动恢复过来的特性叫橫側安定性。保証模型橫側安定性主要是依靠机翼的上反角。重心位置的高低及机翼后退角大小也影响到橫側安定性。

上反角的作用只有在模型發生側滑时才產生。模型傾斜时，首先發生側滑，左右机翼的迎角不同，升力也就不同。由于左右升力不同便產生力矩使模型恢复过来。

可以这样來解釋：当模型受到外界擾乱發生傾斜时，开

力和重力的合力促使模型向内侧滑，左右机翼上的相对气流方向也不同了。从圖19上可以看到，具有上反角的机翼向下滑的那一面迎角增加，而另一半机翼迎角减少。由于左右机翼迎角不同而产生不同的升力，并且使模型自动从倾斜中恢复过来。

牵引模型滑翔机可采用很多种不同形式的上反角。圖20是表示从模型正前方看各种不同上反角的形状。在设计模型滑翔机时，可以选择一种最合乎需要的。

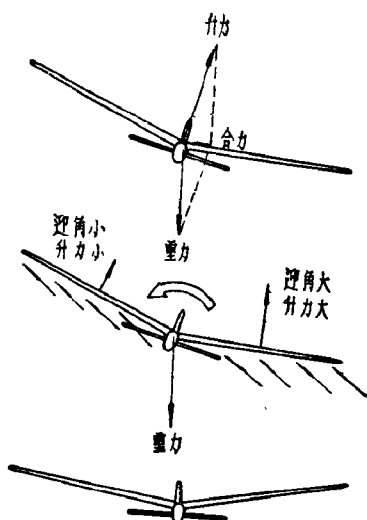


圖19 上反角的作用

现在来研究一下这些不同形式的上反角的特点。首先假设所有的机翼都是方形的，具有同样的翼展、面积、翼型和同样的翼尖上翘高度，只是上反角的形式不同。

第一种形式称为海鸥式上反角。这种上反角可使模型具有优美的外形，所以往往为喜欢美观的模型爱好者所乐用。但是，从圖上可看到，这种形式的上反角，真正起上反角作用的部分靠近机身，在侧滑时，恢复力矩的力臂很短，因此恢复力矩不大。从上反角的作用效率来看，这种上反角最不好。

第二种单折的或叫V形上反角。由圖可知：恢复力可大

恢复力矩 $M_y = \gamma \times L$

① $M_y = 16 \times 250 = 4000$

② $M_y = 25 \times 500 = 8000$

③ $M_y = 3 \times 250 + 10 \times 750 = 8250$

④ $M_y = 16 \times 750 = 12000$

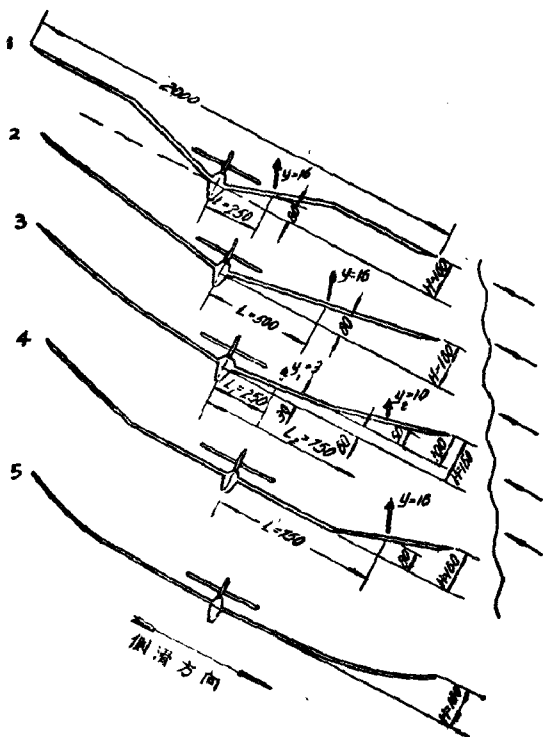


圖20 不同形式的机翼上反角

致認為作用在半个机翼的中段。

第三种三折形上反角。恢复力的大部分作用在翼尖部分，少部分作用于中間，这是因为中間部分的上弯角度很小。

第四种双折形上反角。这种形式的机翼中間是平的，兩面翼尖轉折很大，恢复力完全作用于翼尖部分，由圖可知它的作用点离开机身軸綫最远，因而恢复力矩也最大，效果也最好。

圖的右上角表示这四种形式的上反角的恢复力矩的計算数据。十分明顯，第四种双折形上反角的恢复力矩要大得多，也就是它的橫側安定性要好些。

第五种橢圓形上反角。由空气动力的观点來看这种上反角引起的損失最少，但是在实际制作中帶來的困难和麻煩也很大，因此極少有人采用。

一般來說上反角愈大，橫側安定性愈好。但是上反角愈大，机翼的有效升力愈小（圖21）。此外，如果上反角过分

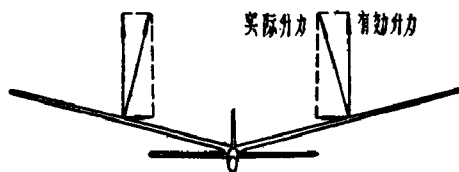


圖21 上反角减少有效升力

大，沒有和垂直尾翼大小配合好，模型会發生飄蕩現象。相反的如果上反角太小了，不但橫側安定性不够，而且还会螺旋下降（这种現象在下節將談到）。

重心相对于机翼的位置低，模型的橫側安定性即好。重心低，恢复力矩大（圖22），因此高單翼的牽引模型滑翔机可以采用較小的上反角。上單翼和中單翼就需要更大些的，而下單翼在牽引模型滑翔机中几乎沒有采用。

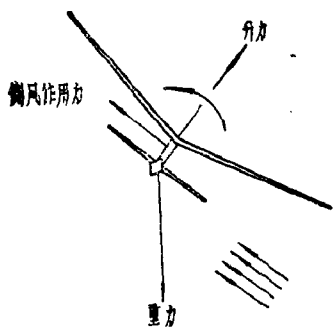


圖22 重心低橫側安定性好

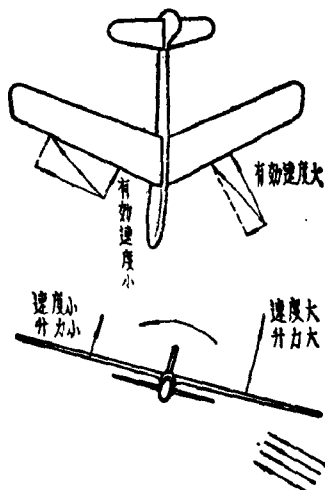


圖23 后退角对橫側安定性的影响

最后要談的是：机翼的后退角也能增加橫側安定性。当模型向一边傾斜而側滑时，迎面吹來的气流不但有前方來的速度，也有側方來的速度，結果相对气流的实际方向就偏了一个角度，如果把它分为两个分速度：一个平行于机翼，另一个垂直于机翼。就可以看出垂直于机翼的气流有效速度二边不同，因而升力也不同。二边升力之差就会產生一个恢复力矩。而平行于机翼的气流分速度对升力之大小不起任何影响。普通每 10° 后退角相当于 1° 上反角的橫側安定作用。用了后退角可以适当地减少上反角。对于模型而言后退角不宜大于 15° ，否則会影响机翼的效率，翼尖也容易失速而進入螺旋。

三 方向安定性

保証模型飛行方向不变的特性叫做方向安定性。模型主

要依靠垂直尾翼來保證模型的方向安定性。

牽引模型滑翔機的機身，如果從上往下看很象一個對稱翼型，當模型滑翔機受到外界的擾亂改變機頭方向時，氣流與機身就會成一定的角度，這樣在機身上也會產生一個側迎力。模型的重心位置總是在這個側迎力作用點的

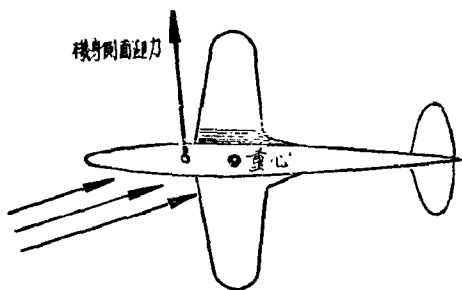


圖24 機身是方向不安定的

後面，因而形成的力矩只會使機頭更加偏轉。由此可見單獨一個機身是方向不安定的（圖24）。

為了使模型具有方向安定性，就在機身尾部按上垂直尾翼。垂直尾翼的作用完全與水平尾翼的作用相似，當氣流從傾斜方向吹來時，垂直尾翼將會產生迎力，由於垂直尾翼離重心很遠，力臂很長，產生的安定力矩完全足以抵消機身的不安定力矩使機身回復到原來的飛行方向。

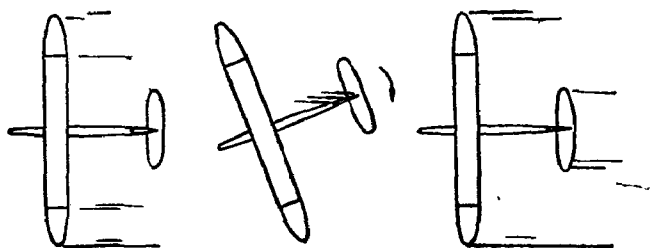


圖25 垂直尾翼的作用

重心位置愈前，所需垂直尾翼面積愈小。如果可能的話，重心位置在机身 $\frac{1}{4}$ 長以前，那么机身就会具有一定的方向安定性。

方向安定性可以用方向安定系数（ $A_{\text{方向}}$ ）來衡量，它取决于垂直尾翼的面積（ $S_{\text{垂尾}}$ ）、垂直尾翼离开重心的距离（ $L_{\text{垂尾}}$ ）、 $S_{\text{机翼}}$ 面積和 b 平均翼弦。

$$A_{\text{方向}} = \frac{S_{\text{垂尾}} \cdot L_{\text{垂尾}}}{S_{\text{翼}} \cdot b} \dots\dots\dots (13)$$

对于牵引模型滑翔机而言，这一系数在0.1—0.18之間較好。也有人取得更大到0.3左右。只用方向安定系数來考慮方向安定性有很大缺点。它只考慮了垂直尾翼的作用，沒有把机身及上反角的側面投影对方向安定所起的作用估計進去，因而只用这一系数計算往往不易与其他的因素配合得好。幸而这一系数計算簡單也可作为参考。

四 盤旋安定性

牵引模型滑翔机應該作盤旋飛行。首先，作盤旋飛行的模型不易飛出視綫，这在競賽中十分重要。因为按照競賽規則在超出視綫以后不算時間，这样就吃虧了。而且盤旋飛行不容易丢失模型，这在競賽中同样重要，因为競賽規則規定每架模型要飛三次（或五次），飛丢了主要模型再飛备分模型总是不上算的。同时作盤旋飛行的模型容易碰到上升气流，也容易保持在上升气流之中，飛行時間可能大为增加。

在作盤旋飛行时，作用在模型上的力不可能正好互相抵消，因此不是一个平衡状态。但如果是調整好的模型，它可

以作穩定的盤旋。盤旋時高度降低不多，圈子直徑也幾乎不變，滑翔的速度也維持不變。

盤旋飛行時，飛行方向不斷改變，而且模型必須傾斜。因為要使任何一個物體由直線運動改變為曲線運動，必須給以向心加速度，也就是說要有向心力作用在物體上。對於模型而言也是

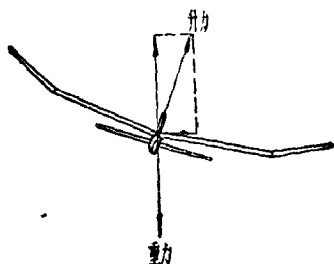


圖26 盤旋飛行時各力作用情況
同樣的。向心力的產生是由于模型傾斜的結果。盤旋飛行時可以把升力分成兩個分力，一個是垂直方向的分力，它支持模型與模型的重力相平衡。另一個是水平方向的分力，就是使模型不斷改變方向作盤旋飛行的向心力。如果說模型飛行的速度不變，則盤旋時圈子愈小，向心力便要愈大，也就是模型要更加傾斜，以便升力有更大的一部分投影到水平方向去（圖26）。

由上面分析可以看出來，在盤旋時升力並不完全用來支持模型，而僅僅是升力的一部分——升力在垂直方向的分力支持重量。如果一架牽引模型已經在直線飛行時調節好了，一旦作盤旋飛行必然會出現“頭重”現象，將用較大的滑翔角飛行，它的下沉速度也將增加。因此在調整模型時必須使模型作轉彎飛行來調整機翼迎角和“頭”的輕重。

在模型作盤旋飛行時，外邊的機翼速度必然要比里邊的機翼速度大（圖27），所以外邊機翼的升力也將比里边機翼的升力大。這樣，模型將受到更大的傾斜力矩而使模型傾斜

过甚。要糾正这一情况可以采取下列办法：一种是把前緣板

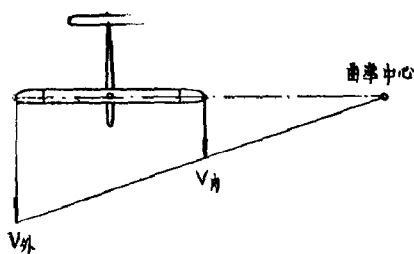


圖27 盤旋飛行時內外機翼速度之差

翼斜裝在機身上（圖28），里邊的機翼裝得向前一些，外邊的機翼裝得稍向后一些，這樣里邊的機翼可產生較大的升力反抗模型的過度傾斜。這兩種方法對於沒有自動轉彎舵的牽引模型來說是不好的，由於作了以上的改變，模型在牽引上升時就會向一邊傾斜，而不能最大限度地利用牽引綫的長度。但是如果有自動轉彎舵，對於上升並無影響。這種裝置在后面將會談到。

向上，後緣板向下。這時由於里边機翼的迎角大於外边機翼的迎角，里边機翼的升力就增大了，產生了一個反抗力矩，反抗模型過分傾斜。另一種方法是將機

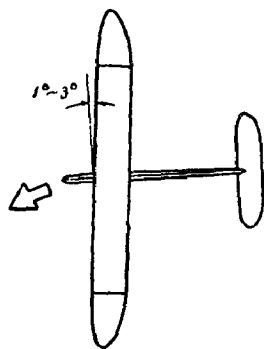


圖28 斜裝的機翼

另一方面，當模型在盤旋時，如果受到外界氣流影響以至傾斜增加，也會對盤旋半徑起影響。譬如模型向左增大傾斜坡度，引起向左侧滑，在側滑過程中，機翼上反角可產生恢復力矩使模型恢復過來。可是側滑時氣流作用在垂直尾翼上也會使模型向側滑方向轉彎，即模型機頭會向左偏。所以改

變模型的方向會引起傾斜，而模型的傾斜會引起方向的改變，這兩者是相互關連的。模型要能夠作穩定的盤旋必須使方向改變（即盤旋半徑的大小）和模型傾斜程度互相配合好，而且在受到外界擾亂後要有能恢復原來狀態的能力。這種能力就是所謂盤旋安定性。

盤旋安定性與方向安定性及橫側安定性是密切相關的，也就是說與垂直尾翼大小及機翼上反角大小密切相關。因此，就可得出垂直尾翼愈大，上反角愈大，盤旋安定性便會愈好的推論。但其實不是這樣，上反角太大，機翼有效升力減少，阻力增加，而且模型可能左右擺動。很大的垂直尾翼除增加阻力外，還是造成模型盤旋下墜的原因。

譬如模型的上反角太小，垂直尾翼太大，只要受到一些側風的影響，模型便會改變方向使機頭迎向風的方向（方向安定性太好）。但改變方向會促使飛機傾斜，傾斜以後模型會側滑。當上反角不夠時，使模型從傾斜中改出的力矩不夠，而側滑時的相對氣流作用在很大的垂直尾面上使模型飛機繼續轉彎，引起了傾側的加劇和速度的增長，結果模型盤旋下墜。

相反的如果上反角太大，垂直尾翼太小，這樣模型從傾斜中改出時就會過於猛烈，而垂直尾翼不夠大，不能使模型及時向側滑方向轉彎來減少這種過大的恢復力矩（向側滑方向轉彎就會加劇傾斜，抵消上反角從傾斜中產生的過大的恢復力矩）。模型從傾斜中改出後並不回復到原來狀態，反而向另一邊傾斜，結果模型就左右飄蕩並不斷損失高度。

盤旋安定的模型在作盤旋飛行時，只有不大的傾斜，下

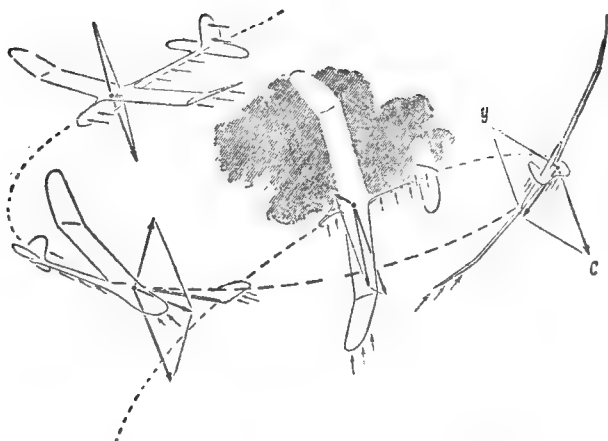


圖29 盤旋不安定的模型在盤旋時的飛行簡圖

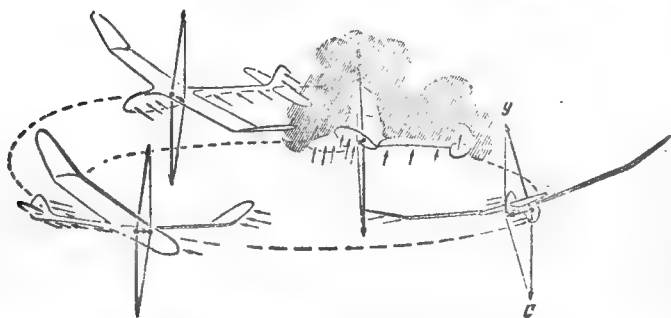


圖30 盤旋安定的模型在作盤旋時的飛行簡圖

沉速度也沒有什麼增長。

盤旋安定性的大小可以用盤旋安定系數來表示。

$$K_{\text{旋盤}} = \frac{L}{a} \dots\dots\dots (14)$$

其中：L——机身長度（公厘）。

a——模型滑翔机側面投影面積中心到重心的距離（公厘）。

实验指出如果这一数值小于5时，模型滑翔机就变得盤旋不安定。牵引模型的盤旋安定系数采用6—12。但应该注意不要把垂直尾翼減得太小來增大 $K_{盤旋}$ 。足够大的方向安定性对于牵引上升十分重要。滿足盤旋安定性最合适的方法是减小机身在重心以后的側面積，以及采用可以產生升力的水平尾翼，这样模型就可以用較后的重心位置。由于重心位置較后，有很大一部分的机翼就位于重心的前面，这部分机翼的側面積，能有效的抵制側滑。或者說，因为重心的后移，側面積中心相对于重心的距离縮短了，就增加了盤旋安定性。

圖31的4架模型具有同样的机翼和方向安定系数。模型①机头太長，而且还在前面加了一塊“垂直面”，这样模型的方向安定性不够，但是盤旋安定性却非常

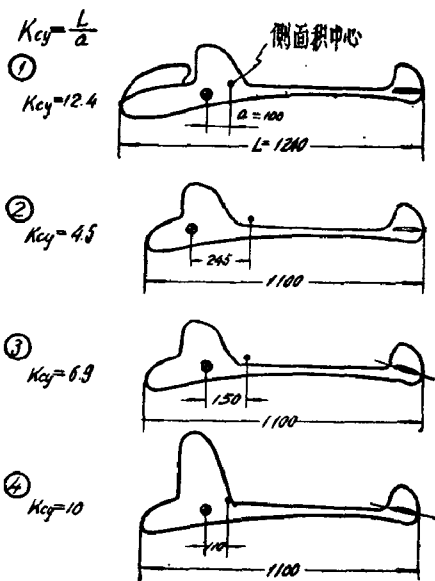


圖31 求盤旋安定性

好，轉弯时高度損失也最少。为要增加它的方向安定性可以

減短機頭或加大垂直尾面。模型②由於機頭太短，重心前的側面積太少，使得盤旋安定性不夠，因而在盤旋飛行時高度損失很大，甚至會發生盤旋下降現象，在牽引上升時會左右搖擺不肯上去。改進的方法可以象模型①在頭部裝一“垂直面”，增大重心前面的面積；也可以減小垂直尾翼面積，或者把重心移後成為模型③。如果把模型③的上反角再加大，使機翼上撓更甚，則就更顯著地增加了盤旋安定性。如圖中的模型④。我們在設計模型時可根據這些情況加以計算和考慮。

第四章 牽引模型滑翔機的設計

在設計以前，首先應該明確設計的目的和要求。有些模型要求飛行時間長，而有些要求飛行速度大，和飛得高、飛行距離遠等等。通常牽引模型滑翔機是競賽留空時間的，希望飛得愈久愈好。因此，在設計時必須把這一目的和要求貫穿到全部設計過程中去。

在設計時，必須根據牽引模型的特點和要求，應用已有的知識和經驗作全面細緻的考慮。

在考慮時要分清主要和次要。那些地方必須嚴格地多方面地再三地考慮，不能馬虎，如選擇翼型及決定結構形式；但有些地方就不必太考究。例如垂直尾翼選用什麼樣的形狀，完全可以根據個人的喜愛，只要根據一般的經驗，不超出一定的範圍就可以了。

此外，在設計前必須收集有關規則及資料以便作為設計的依據。譬如，競賽規則，各種優秀牽引模型的圖樣數據，模型飛機的翼型資料、材料數據等。收集到的資料愈多，設計便愈容易，設計出來的模型也可能愈好。設計模型所用的最原始數字應根據競賽規則而定（如翼載荷用 $12\text{克}/\text{公寸}^2$ 或 $8\text{克}/\text{公寸}^2$ 等），使設計出來的模型不超出規定的範圍。

設計一架模型通常按照下列步驟進行：

（1）先決定模型的類型（如普通式、鴨型或飛翼）、尺寸大小、各部分比例，然後決定機翼、尾翼及機身的形狀、關係位置等。這些設計的依據是空氣動力學的理論，稱為空氣動力設計。又因這種計算已經把整架模型的外形決定下來，所以也稱為外形設計。這一步驟完畢後，應能夠畫出模型的三面圖，翼型、機身斷面形等。機翼和尾翼安裝角，機翼上反角及重心位置都應初步明確。

（2）根據外形設計的結果估計模型的性能和安定性。如果一切滿意，那便可以再進行下一步設計，否則應將不合要求的地方重新進行計算和修改。如發現俯仰安定性不夠，便應加大尾力臂或使重心向前移（有時這樣一改幾乎等於重頭來，一切得重新決定）。

（3）當外形設計校對完畢便可以進行結構設計了。將機身、機翼及尾翼的結構形式考慮清楚，然後估計所用材料的種類及大小。譬如機翼的主梁，可以用松木也可用桐木，而且大小也可以有很多變化和選擇。

（4）結構設計完畢，一般不能用計算方法校對模型，只好通過製作來決定是否合適。好的模型往往是經過反复制

造和修改多架而成的。千万不要每次設計一架完全不同的，下次又重头另搞一架。这样模型便很难改良和提高。同一类型的模型應該通过制作、試飛發現問題，然后重新修改制作相似的第二、第三架。

下面我們來談談具体設計的方法。

一 外型設計

這本書只准备研究普通型式的模型滑翔机，所以在設計时第一步工作就是要確定模型的外形，確定各个部件的形狀和尺寸，以及它們之間相互位置等关系。这是一个重要的步驟。

（一）確定和分配总升力面積

这里指的总升力面積是机翼和水平尾翼的水平投影面積。確定模型的总升力面積时，應該符合航空模型競賽規則所規定的要求。不符合規定的模型不能参加競賽，創造的紀錄也不会被承認。这样总升力面積是規定的。不过可以使模型接近規定範圍的最大極限。总升力面積大了。就有可能加大翼弦，提高机翼的雷諾数。模型的空气动力性能也將會好些。

总升力面積包括机翼和水平尾翼的投影面積，因此必須作合理的分配。如果机翼的面積分配得大，則机翼的翼弦可以增大。当翼弦增大到一定大小以后，如果已經可以保証机翼有足够的雷諾数，那就可以增大展弦比减少誘導阻力。同时机翼面積大了，机翼的翼載荷就小了。因而增大机翼的面積都会使模型的下沉速度降低，增長飛行時間。

但是，如果尾翼太小則俯仰安定系数就会减小，俯仰安定性也沒有足够的保証。虽然可以用增長尾力臂的办法來解决，但加大尾力臂会引起机身加重等其他后果。只要能保証足够的俯仰安定性，尽量加大机翼面積，减小水平尾翼面積就可以解决上面所說的矛盾。現在的牽引模型的水平尾翼面積比較小，一般約占机翼面積的15—25%，用得比較多的范围在18—23%左右。当確定了水平尾翼占机翼面積的百分比之后（因現在還沒計算安定性），可以根据下式把机翼和水平尾翼的面積計算出來。

$$S_{\text{翼}} = \frac{S_{\text{总}}}{1+x} \dots\dots (15) \quad S_{\text{尾}} = S_{\text{总}} - S_{\text{翼}} \dots\dots (16)$$

其中：\$S_{\text{翼}}\$——机翼面積（公寸²）；

\$S_{\text{总}}\$——总升力面積（公寸²）；

\$x\$——水平尾翼占机翼面積的百分数；

\$S_{\text{尾}}\$——水平尾翼面積（公寸²）。

例如：选定三級牽引模型的总升力面積为34平方公寸，水平尾翼是机翼面積的20%，則机翼面積是：

$$S_{\text{翼}} = \frac{34}{1+0.20} = 28.3 \text{ (公寸}^2\text{)}$$

水平尾翼面積就是：\$S_{\text{尾}} = 34 - 28.3 = 5.7 \text{ (公寸}^2\text{)}\$。

这两个数字在以后的設計中还会改变，因为在选定了翼弦及展弦比、翼尖形狀等以后，不会那么湊巧正好是这数值，但应尽可能与这两个数字接近以保持这样的一个面積分配比例。

（二）設計机翼

設計机翼可以按这样的次序進行：

(1) 選擇機翼的平面形狀。

機翼的平面形狀最普通的有三種：長方形、梯形和橢圓形。從誘導阻力的觀點來看，橢圓形機翼的誘導阻力最小，梯形還算接近橢圓形，因而誘導阻力不算大，長方形的機翼就比較大了。圖32表示各種形狀機翼的升力分布情況，假設

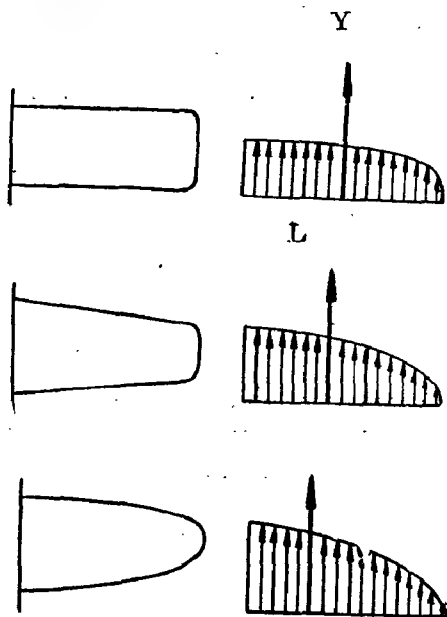


圖32 各種機翼的升力分布和彎曲力矩

把所有的升力集中在一點上，則升力 Y 乘力臂 L （升力作用點離翼根的距离）就是翼根所受的彎曲力矩。長方形機翼的升力分布比較均勻，合力的作用點靠近中間，梯形和橢圓形則因為里面的面積大，因而升力分布也是里面大，外面小，合力的作用點比較靠里。因此雖然是同樣的機翼面積，同樣的

升力大小，由于力臂 L 的不同，長方形机翼翼根所受的弯曲力矩要比梯形大，比橢圓形更大。

但是制作橢圓形机翼的麻煩很多，如翼肋个个不同、前后緣是曲綫、蒙紙也不容易，因而采用的人不多。梯形机翼不僅是翼肋不同会增加些麻煩，而且失速时首先是由翼尖开始。由于在翼尖發生失速現象，力臂很大，使模型傾側的力矩也很大，容易造成螺旋下降。長方形机翼制作起來最方便，失速是由翼根开始，也較安全，因此現在采用長方形机翼的占多数。为了减小長方形机翼的誘導阻力，很多人都喜欢在長方形机翼的翼尖部分采用梯形（一般是前掠的）或由兩条橢圓曲綫合成的形狀。这样可以改善机翼的空气动力性能（圖33）。

(2) 翼展、翼弦、展弦比的確定。

这一步工作的進行應該是首先確定机翼的翼弦，保証机翼在比較大的臨界雷諾数的範圍內工作。然后根据前面已經確定了的机翼面積和翼尖形

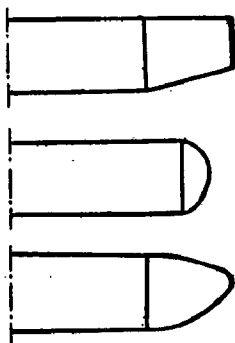


圖 33

狀算出可以獲得多大的翼展，再計算机翼的展弦比。如果所得展弦比不能令人滿意，可以再适当的改变翼弦，算出展弦比。

首先來決定翼弦的大小。很多文章已經談过机翼雷諾数对于下沉速度的重大影响，因而必須在这方面加以考慮。牽引模型的速度变化不大，大部分在4—5公尺/秒。因此翼弦的大小对雷諾数具有决定的意义。翼弦愈大，机翼雷諾数愈

大。如果已知某一翼型的臨界雷諾數就好办了●。例如說有一薄翼型的臨界雷諾數為40,000,滑翔速度為4公尺/秒,則可以求出要多大翼弦才能使機翼 Re 超過臨界雷諾數,这时的翼弦叫臨界翼弦。

$$b_{\text{翼}} = \frac{Re_{\text{翼}}}{690 \cdot V} \dots\dots\dots (17)$$

其中： $b_{\text{翼}}$ ——臨界翼弦（公分）

$Re_{\text{翼}}$ ——臨界雷諾數

V ——飛行速度（公尺/秒）

將數據代入就得 $b_{\text{翼}} = \frac{40,000}{690 \times 4} = 14.5$ （公分）

就是說，當翼弦超過14.5公分時，就超過了臨界雷諾數。應該使翼弦超過臨界翼弦。一般二、三級牽引模型的翼弦在150—180公厘間較好。有時為了爭取較大的翼弦不得不採用較小的展弦比。

翼弦確定後，就可以根據翼尖的形狀算出翼尖部分面積。然後從整個機翼面積中減去這兩塊翼尖的面積，就獲得中間長方形的面積，被翼弦除就得到長方形部分的長度，加上兩個翼尖長，就是整個機翼的翼展。

任何形狀的機翼展弦比可以用下式求得

$$\lambda = \frac{l^2}{S} \quad (l \text{——翼展, } S \text{——機翼面積})$$

一般牽引模型的展弦比在8—13之間。薄翼型的臨界雷

● 現代模型所用翼型的臨界 Re 都還沒有實驗數據，一般只能估計為40,000—50,000左右。

諸數較低，可以採用大一些的展弦比如12—13，較厚的翼型則採用 8—10，那些中等厚度的翼弦可酌量選取中間的數值。在考慮決定展弦比時不但首先要滿足翼弦的要求，還要注意翼型的厚度，必須保證機翼有足夠的強度。因為展弦比愈大，機翼所受彎曲力矩也愈大，同時也容易扭轉變形。所以很薄的翼型也不宜用太大的展弦比。

若首先肯定了機翼面積和展弦比時，也能求出翼展和翼弦來。

$$\text{翼弦 } b = \sqrt{\frac{S}{\lambda}} \quad \text{翼展 } l = \sqrt{\frac{\lambda}{S}}$$

下面附帶講一下梯形及橢圓形面積的求法和画法。梯形面積等于：

$$S = \frac{l}{2} (b_1 + b_2)$$

橢圓形面積等于：

$$S = \pi ab \quad (\text{其中 } a \text{ 長軸,}$$

b 短軸)

在牽引模型上採用兩個四分之一橢圓曲綫拼起來的翼尖形狀，計算面積時 $S = \frac{\pi}{4} ab$ 就行了。但是 a 與 b 的長度是隨各種形狀而變的（圖34）。對於其他複雜的形狀可以畫在方格紙上，數方格來決定或者到物理試驗

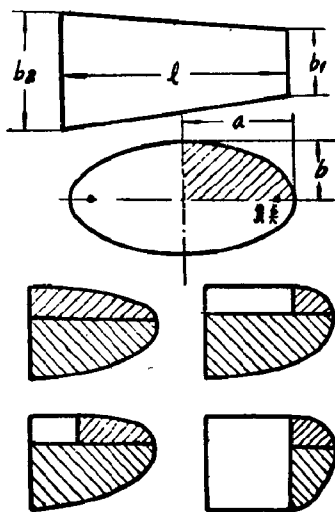


圖 34

室借用求積儀來求面積。

要画椭圆曲线最好的方法是使用椭圆规，若沒有时，可以用其他方法画出相当准确的椭圆曲线如图35所示。

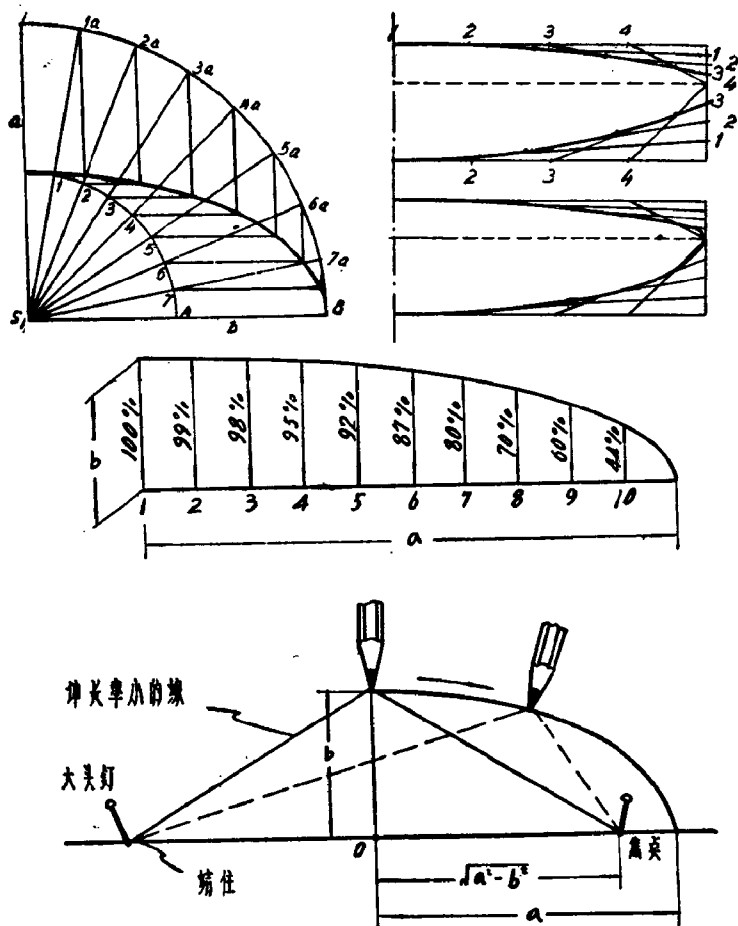


圖35 繪圓曲线的画法

(3) 确定上反角。

上反角是机翼上翘的角度。嚴格地說，上反角的大小是机翼翼弦平面与通过翼根弦并垂直于机身对称面的平面所夾的角度。一般可以認為就是前緣与橫軸的夾角。

上反角用來保証橫側安定性，上反角愈大作用也愈大。而另一方面上反角又將减小机翼的有效升力。还有很重要的一点是上反角要与垂直尾翼配合。上反角过大垂直尾翼过小模型搖擺，大迎角时机翼上的气流也容易分离；上反角过小垂直尾翼过大会引起螺旋。上反角的形式很多（圖36）。一般牽引模型机翼尖端的上翘高度在0.05—0.1翼展較合适。

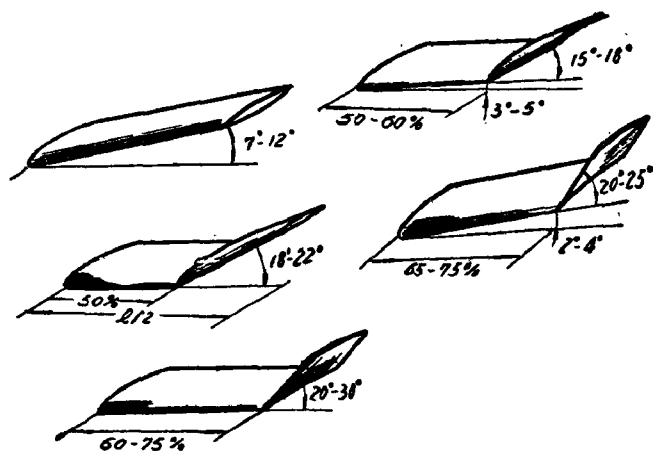


圖36 牽引模型滑翔机中常用的几种上反角

(4) 选择机翼翼型。

翼型对于牽引模型有着重大意义，應該慎重选择。通常翼型并不是由自己設計的，而是在已有的翼型資料中挑选。因

为設計一个翼型要具备这方面的專門知識，并且作精密、系統的实验：这对于一般的航空模型爱好者來說恐怕不易做到。

選擇翼型时主要根据它的空气动力性能來考慮。要选升力系数較大，阻力系数較小的。由于功率因数 $\frac{C_y^{3/2}}{C_x}$ 愈大，模型的下沉速度愈小，所以选择时应特別注意每个翼型的最大功率因数。

在选择翼型时还要注意雷諾数的問題，薄的翼型臨界雷諾数較低，容易獲得乱流边界層，这样可以减少阻力，增加升力，并且可能采用較小的翼弦，增大机翼的展弦比。一般翼型資料中所注明的都是該翼型在試驗时的雷諾数（例如 $Re=42,000$ ），應該先把机翼的雷諾数算出來，再和翼型資料中注明的雷諾数比較看是否符合，只有雷諾数相同或接近时才可以应用这些資料，一般牽引模型的雷諾数在40,000—80,000之間，所以要參看翼型的性能極綫資料最好是在雷諾数100,000以下試驗而來的，在太大雷諾数下試驗得來的曲綫对設計牽引模型來說沒什麼用处。

不同的展弦比，其誘導阻力也不同。而一般試驗时的展弦比不会与設計的机翼相一致，所以应根据已决定的展弦比來修正机翼的性能曲綫。在修正了以后才可以根据它來計算和比較。

机翼压力中心的移动將影响到模型的安定性。压力中心在迎角变化时移动得愈少，安定性也就愈好。压在中心的位置以翼弦的百分数來表示。可以在机翼性能曲綫中关于压力

中心移动的曲线上查出。在很多机翼的性能曲线中没有压力中心移动的曲线，只有对于机翼空气动力中心的力矩系数 (C_{mo}) 曲线，这个力矩系数愈大，就表明压力中心移动愈大；力矩系数愈小表明压力中心移动愈少，安定性也就愈好。但是应该注意的是：牵引模型机翼压力中心的移动大小不是选择翼型的主要条件，因为机翼虽然不安定，但是有水平尾翼保证俯仰安定性。因此可以用加大水平尾翼面积或加长尾力臂等方法来增加模型的安定性。

此外还可以由翼型的极线上看出该翼型是否易于调整，或者是否适合于在不平静天气中飞行。从原点向极线作切线，如果极线在切点附近曲率较小，也就是相切得越“长”，则越容易调整到所需的迎角下进行飞行，同时这个翼型用于平静天气的飞行中也是较为稳定的。

最后在选择翼型时要考虑到机翼的强度。也就是应该注意翼型的厚度。不要选择太薄的翼型用在大翼展的模型上。一般三级牵引模型采用厚度为6—8%翼弦的翼型较好，但最多也不要超过10%，除非是一些特殊的翼型。二级牵引模型可以用更薄一些的翼型，如5%。但再薄就嫌强度不够了。牵引模型翼型的中弧线曲度不能象鸟类翅膀那么弯，因为鸟的翅膀除了前进以外，还作垂直于前进方向的扑动，所以鸟的翼型要圆一些。一般采用中弧线最高在5—8%翼弦最好。

适合于牵引模型的较好的翼型，有： G_0-417 ， G_0-417A ， G_0-517 ， $MVA-123$ ， $MVA-301$ ， $MVA-301-7.5\%$ ， $B-5456$ ， $B-6306$ ， $B-6358$ ， $B-8306$ ， $B-8356$ ，

NACA25—1.00—10, H—7327, S. I. 53507, Hans Hansens (漢斯漢申斯), Davis—I (戴維斯), Kynфep (庫柏菲爾), O. Czapa (斯齊柏) 等。詳細的翼型資料可在“模型飛機的翼型”書或其他有關資料中找到。

(5) 確定機翼的安裝角和安裝位置。

機翼的安裝角是機翼翼弦與機身基準線的夾角。安裝角的大小決定機翼和機身在飛行時的迎角差。正安裝角使飛行時機身的迎角比機翼小，機身用最小阻力的迎角飛行是最合乎理想的；一般機翼的經濟迎角在 $8-10^\circ$ 左右，而通常採用的機翼安裝角在 $2-6^\circ$ 之間。經濟迎角較大的翼型應該用較大的安裝角。

採用度數來表示安裝角在制作時也不完全方便，因此可把角度變換成對應的前緣高度，如圖37所示。

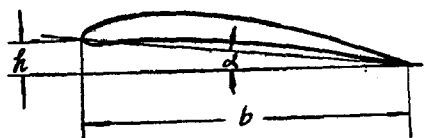


圖 37

這一高度等於翼弦乘上安裝角的正切。

$$h = b \tan \alpha \quad \text{令 } b = 100 \text{ 公厘}$$

α	$0.^\circ$	1°	1.5°	2°	2.5°	3°	3.5°	4°	4.5°	5°
h	0.9	1.7	2.6	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0	7.9	8.7
α	5.5°	6°	6.5°	7°	7.5°	8°	8.5°	9°	9.5°	10°
h	9.6	10.5	11.4	12.2	13.1	14.0	14.9	15.8	16.7	17.6

牽引模型都採用單翼式。單翼的形式有：下單翼、中單

翼、上單翼、高單翼（圖38）。由于机翼愈高，重心的位置就相对地愈低，安定性也就愈好。所以一般牵引模型都采用上單翼和高單翼，很少采用中單翼，且根本不用下單翼。

高單翼安定性好，上反角可以适当减少，而且机翼在上面，与机身干擾而產生的阻力就小了。但是为了安裝高單翼必須在机身上做一个翼台，这不但要增加阻

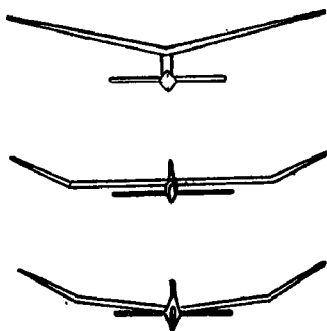


圖38 机翼的安裝位置

力，还会增加机身的重量与制作上的困难。上單翼在安定性方面稍差于高單翼，但它用不着翼台，这样阻力小制作也省事，因而采用得較為广泛。另外也有采用中單翼的，可以使阻力減到很小。但为了保证模型有足够的安定性，机翼的上反角應該作适当的加大。

（三）設計尾翼

尾翼包括水平尾翼及垂直尾翼兩部分，設計時可以按照下列程序進行：

（1）選擇尾翼的形式，參看圖39。

圖中A是一種最普通的形式，採用得相當廣泛。這種形式要做成可裝拆的水平尾翼就比較麻煩了，因為垂直尾翼必須連在水平尾翼上。圖中B是高水平尾翼的尾翼形式。高置的水平尾翼可以離開机翼后面的渦流和下洗氣流區域，使水平尾翼在比較穩定的氣流中工作，這樣可以發揮水平尾翼的最

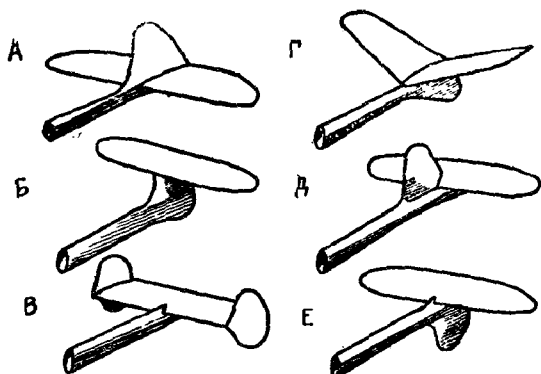


圖39 尾翼的形式

大效率，但由于水平尾翼按裝在垂直尾翼上，垂直尾翼受力較大，容易損壞，需加強垂直尾翼的結構，模型尾部的重量就要因此而增加。圖中B是一種雙垂直尾翼形式的尾翼，垂直尾翼分成兩部分安裝在水平尾翼的兩端，這樣可以大大減小水平尾翼的翼尖渦流而提高水平尾翼的效率，俯仰安定性因而獲得改進。但是這種尾翼的垂直尾翼效率較低，水平尾翼因兩端有垂直尾翼受力較大，應注意加強。圖中 Γ 是“V”形尾翼。它的水平投影面積起着水平尾翼的作用，垂直投影面積起着垂直尾翼的作用，根據這種關係，就能決定它的實際面積和上躡角度。這種尾翼的缺點在於調整困難，每一個調整都會同時影響到俯仰和方向兩方面的平衡，採用不甚廣泛。有些人為了減少尾翼的上躡角度，在機身下面加一片作為垂直尾翼，這樣做的結果可以使模型在牽引時容易作直綫上升。圖中Д的尾翼形式在現代的牽引模型上被廣泛的採用着。這種尾翼的水平尾翼放在垂直尾翼的後面，裝拆方便，

要改变尾翼安裝角及采用定时迫降裝置也較方便。垂直尾翼放在水平尾翼的前面，可以减少相互的干擾。一般采用这种尾翼时在机身下部也裝一个小垂直尾翼，一方面可以作尾擺，另方面机身下部的垂直尾面將有利于牽引上升。圖中 E 的尾翼形式僅是把 A 形式的垂直尾翼全部搬到底下來，这样作有利于牽引，并且可以使整个模型的側面積中心降低。但是这种垂直尾翼在着陸时要碰地，应注意作适当的加强以免損坏。

(2) 確定水平尾翼的平面形狀。

水平尾翼的面積在前面已經確定了，它的平面形狀一般采用：長方形、梯形，也有采用橢圓形或其他更为复雜的形式（參看圖40所示）。長方形的兩端加圓弧或橢圓曲綫。

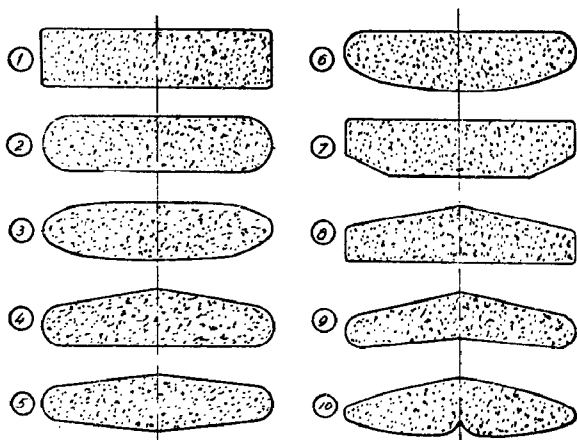


圖40 水平尾翼的平面形狀

(3) 水平尾翼翼弦、翼展和展弦比的決定。

为了提高水平尾翼的效率，翼弦不能用得太小，因为翼

弦小了水平尾翼的雷諾數就減低，一般三級牽引模型上採用100—120公厘的翼弦長度較合適。另外水平尾翼面積較小，飛行時迎角也小，因而所產生的升力不大。也就是說上下壓強差較小，誘導阻力本來就不大，所以沒有必要採用大的展弦比來減少誘導阻力。相反的，如果增大了展弦比會減小翼弦，降低水平尾翼的效率，增加結構上和制作上的麻煩。牽引模型水平尾翼的展弦比為4—7之間。在決定了水平尾翼的面積、平面形狀、翼弦等以後，就可以很容易地算出水平尾翼的翼展來。

(4) 選擇水平尾翼的翼型。

比較理想的水平尾翼翼型是：壓力中心在迎角改變時移動要少；每度迎角的升力系數變化大；最大升力系數大和阻力系數小。這樣的翼型調整起來方便，所起俯仰安定作用更為明顯。以往採用的7—9%相對厚度的對稱翼型，壓力中心不移動，阻力系數小，但由於它升力系數也小，在現代的牽引模型上已不再採用。為了增長飛行時間，應該利用水平尾翼的升力，為此可以把重心稍為移後，為了保證機翼尾翼間有合適的迎角差，採用平凸或凹凸翼型較為理想，雖然它們的壓力中心移動要大些，但每度迎角變化時引起的升力系數變化較大，安定性仍然很好。水平尾翼應選擇凹凸型但彎度不大的翼型。相對厚度6—7%，最大也不要超過8%（圖41）。

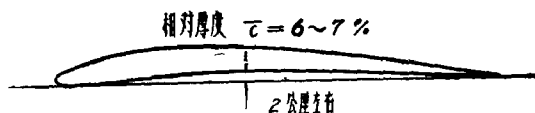


圖41 水平尾翼的翼型

(5) 確定水平尾翼的安裝角。

通常水平尾翼是处于机翼的下洗气流范围中，这样就减小了水平尾翼的迎角。气流的下洗角可以按下面的公式求出其近似值。

$$\varepsilon = 36.5 \frac{C_y}{\lambda} \dots\dots\dots (18)$$

其中： ε ——气流下洗角

C_y ——迎角为 α 时的机翼升力系数

λ ——机翼展弦比

例如机翼迎角为 10° ，升力系数为 1.0，机翼展弦比为 10，求得下洗角 $\varepsilon = 3.7^\circ$ 。

如果机翼和水平尾翼的安裝角一样，这时安裝角之差为零，但在飛行时机翼与水平尾翼迎角的差就等于下洗角。

为了使模型能够适合于不平稳的天气中飛行，机翼和水平尾翼安裝角差应保持一定的大小，一般采用 $3^\circ - 6^\circ$ 为合适。当模型抬头而使机翼失速时，水平尾翼还没有达到失速角，还能有升力，產生低头的恢复力矩。机翼、水平尾翼安裝角之差，应由俯仰平衡条件來决定，重心靠后时安裝角之差要小；重心靠前时安裝角之差要大。

一般牽引模型的水平尾翼安裝角在 $-2^\circ - +1^\circ$ 之間，如果不能达到这范围，可以改变机翼安裝角及重心位置，务必注意的是：机翼与水平尾翼保持一定的安裝角差时应爭取机身的最小阻力軸綫与滑翔路綫相一致。

· (6) 確定垂直尾翼面積和形狀。

垂直尾翼起方向安定的作用。垂直尾翼面積大，方向安

定性好。但如垂直尾翼太大，不但增加重量和阻力；而且会促使模型盤旋下墜。

現代的牽引模型大多數採用中等長度的尾力臂、很細的機身，因此側面積變小了，這樣垂直尾翼的面積就要減少。一般的垂直尾翼面積在機翼面積的3—6%之間。當初步決定了垂直尾翼面積后要進行安定性的計算（方向和盤旋安定性），由此來最後確定垂直尾翼的大小。

垂直尾翼的平面形狀可以根據各人的喜愛來決定，不必過分強求一致。圖42所示的幾種平面形狀僅供參考。

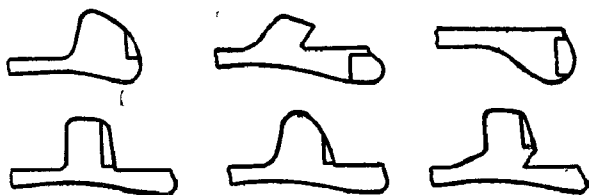


圖42 垂直尾翼的幾種形狀

(7) 垂直尾翼的翼型和位置的決定。

垂直尾翼的翼型一般都採用對稱翼型，相對厚度不超過8%，也有採用平板翼型的，僅僅是把前緣磨圓，後緣磨尖。

垂直尾翼以安裝在水平尾翼前面的機身上較為有利。固定的垂直尾面可以使模型的方向性比較穩定，也便於安裝自動轉彎舵。垂直尾翼可以全部放在機身上面，在轉彎發生側滑時高的垂直尾翼可以防止模型的過分傾斜；垂直尾翼也可以全部放在機身下面，在牽引上升時垂直尾翼的效率較高，可以保證模型直線上升。對於那些長尾力臂的模型，可以採用適當大小的垂直尾翼，放在機身的中段，而不與水平尾翼靠在一起，可以獲得合適的方向安定性和盤旋安定性。

(四) 設計机身

(1) 確定重心位置。

重心的前后位置和模型的俯仰安定性有着重大关系。重心在空气动力中心（約在25%翼弦的地方）之前时，机翼是安定的；在距前緣25%翼弦的地方时，机翼是中性安定的；重心在空气动力中心之后时，机翼本身是不安定的。一般模型的重心总是靠后，俯仰安定全依靠水平尾翼來起作用。从安定性的观点來看，希望重心位置靠前。但是从利用尾翼升力來看，情形正好与上述相反。

在飛行时，机翼的升力对重心的力矩和尾翼对重心的力矩應該平衡（圖43）。如果重心在压力中心之前（在一般的飛行迎角下，压力中心通常位于大約 30% 翼弦的地方），水平尾翼必須產生負的升力才能平衡由机翼造成的低头力矩；重心正好在机翼压力中心之下时，水平尾翼不需要產生升力，就可以达到俯仰平衡，这时水平尾翼是用无升力迎角；重心在压力中心之后时，要平衡必須讓水平尾翼產生升力才能克服机翼升力所造成的抬头力矩。由此可見，重心放在压力中心之后，可以利用水

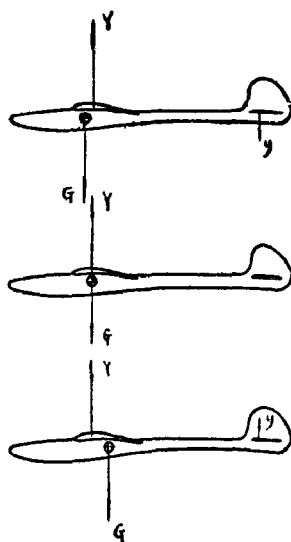


圖43 重心位置影响尾翼的升力

平尾翼的升力。重心愈后，利用水平尾翼的升力就愈多。

现代牵引模型的重心位置一般放在45—65%翼弦的地方。太靠前则利用水平尾翼升力不够，会影响到模型的下沉速度。如果重心太后，甚至在70%翼弦以后，安定性就较差，也要影响到飞行成绩（如用增大尾翼面积保证安定性也不合算）。

（2）确定尾力臂的长短。

尾力臂是指重心到水平尾翼压力中心的距离。尾力臂长，模型的方向安定性与俯仰安定性都较好，长尾力臂的减摆作用也明显。前面说过重心稍微后些要好些。可减少水平尾翼面积，加大机翼面积来降低下沉速度。但这样作就必须采用较长的尾力臂，以保证模型有足够的安定性。另外长尾力臂的模型在不稳定的气流中飞行时，由于机翼、水平尾翼受到气流扰乱的时间相差较大，因而不甚适合，而且尾部重量大时动安定性会变坏。

通常在牵引模型上采用4—5倍机翼翼弦长的尾力臂。属于中等长度的尾力臂，根据很多航模爱好者的试验是较合适的。

此外也可以在决定了机翼、水平尾翼的面积分配和需要多大的俯仰安定系数以后，由俯仰安定性的计算公式中求出尾力臂的长度来。

（3）机身的外形设计。

机身的外形可以随心所欲，但有些是以前已决定了的。例如：机翼位置、安装角、尾力臂、尾翼位置等。画出机身的外形时要注意到符合这些要求。

为要决定机身的全長，應該先决定模型的机头長度，然后加上尾力臂及部分翼弦長度即可。

根据盤旋安定性和适应不穩定气流中飛行的要求，机头不宜太短，机头的側面面積也要有一定的大小，并且机身重心的后面部分要尽量做得細，就能使机身重心前面的側面積增多，而重心后面的側面積减小，模型的盤旋安定性將大为改善。

如果从上面來看机身的话，大多数机身都是呈对称形的，这样在飛行中的阻力較小。也有些航模爱好者把机头做扁些，把机身重心后面部分做得寬些，以减少空气作上下运动时的阻力，使模型不易因气流的上下冲动而引起抬头或低头。

机身的断面大小沒有限制，可以把机身做得很細，以减少表面積和摩擦阻力。不过从結構及安定性方面來考慮时，細的机身不一定好。机身細了容易变形也容易折断；重心前面的側面積也小了。为照顧到盤旋安定性的要求，可以在机头上面加一片垂直面以增大重心前面的机身側面積，这一面積需要多大，可以通过計算盤旋安定系数來求得。这在后面將會談到。

設計机身时要使机身外表尽量圓滑，不要有什么雜七雜八的零件突出在外部。与机翼和尾翼的联結处最好都用圓角以减少干擾阻力。橢圓形和圓形的断面形狀阻力最小，但是制作較困难，一般采用不甚多；菱形和轉了 45° 的正方形制作方便，也很美觀，阻力并不大，可以考慮采用；長方形断面的机身，制作最为方便，阻力虽然稍大但采用得仍相当廣

泛。

牽引鈎的安裝位置應在重心決定以後再作決定，可以根據牽引鈎安裝角計算方法計算出來，然後再根據一些有關直綫上升的問題來進行適當的修正。很多模型牽引鈎的安裝角在 60° — 75° 之間。

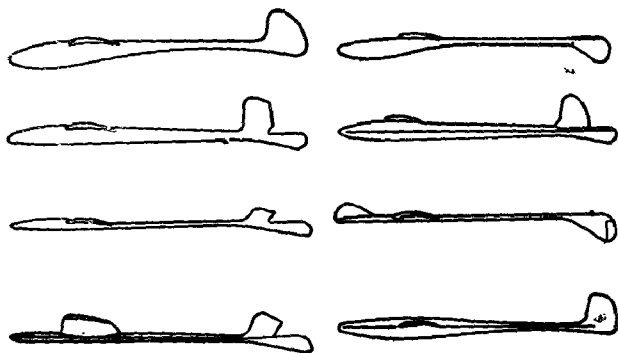


圖44 牽引模型的幾種機身側面形狀

(五) 畫三面圖

當把模型的各部分尺寸和形狀初步設計好以後，便可以動手把它的外形畫出來。採用方格紙來畫比較方便，並且必須按照比例縮小來畫，例如用 $1:10$ 或大一些用 $1:5$ 。

畫三面圖時首先畫模型的側視圖，在紙上作一條水平綫為基準綫，由機頭開始把整個飛機畫出來。由於機頭長度、機翼的位置、安裝角、尾力臂、尾翼等都早已確定，這時只要照畫就行。需要考慮的是各零件的安裝是否合適。例如採用高單翼和細機身，就必須加一個翼台來聯結它們。在側面圖上還應標出重心及牽引鈎的位置等。

頂視圖畫起來比較容易，由於左右對稱的緣故，一般都

只画大半个，以節省地位。机身的頂視圖应画得流綫型。

模型的正面圖主要用來表示上反角的形式和大小，也由于左右对称的緣故，一般只画一大半。

在画好了三面圖以后，把一些主要的尺寸注在圖上，主要的數據寫在旁边。以后就得進行安定性的計算，校核模型的安定性是否足够，并尽可能的進行一些空气动力方面的計算，以便初步了解該模型的性能。

二 安定性的校核

(一) 計算俯仰安定系数

为此首先要求出机翼的平均翼弦，長方形机翼的平均翼弦等于翼弦，其他平面形狀机翼的平均翼弦將小于根部的翼弦。

$$\text{即: } b_{\text{平均}} = \frac{S_{\text{翼}}}{l}$$

其中： $S_{\text{翼}}$ ——机翼面積（公寸²）

l ——翼展

然后根据第三章中的公式求出俯仰安定系数 $A_{\text{俯仰}}$ 。一般現代牽引模型的 $A_{\text{俯仰}}$ 在 0.8—1.1 之間。如果計算出來的俯仰安定系数嫌小或嫌大，可以改变尾力臂的長度，甚至改变水平尾翼与机翼兩者的面積分配比例。如果俯仰安定系数稍微小了些，則为了照顧到大的机翼面積下沉速度可以减低，長的尾力臂在不平穩的天气下不太合适，可以把重心位置稍为移前，并采用擾流裝置來提高模型的安定性。

(二) 方向及盤旋安定系数的計算

这两种安定性是密切相关的。首先求出垂直尾翼的面积，比较好的方法是使用求积仪，如果没有，也可以利用方格纸来近似的求得，接着求出垂直尾翼的力臂，然后用第二章中的公式计算方向安定系数 $A_{\text{方向}}$ 。一般牵引模型的方向安定系数在0.1—0.18之间。

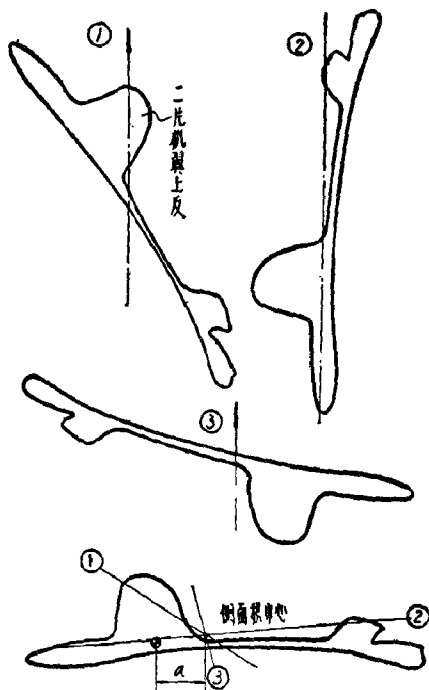


圖45 模型側面積中心的求法

角的投影应该画两块。然后剪下来，两块机翼上反角的投影贴在一起。接着就可以来求模型的侧面积中心了，参看圖45。

为计算模型的盘旋安定系数，首先要、求出整个模型的侧面积中心。这可以用数学的方法求出，但很复杂。可以采用实验的方法，相当准确地求出模型侧面积中心。

拿一塊馬糞紙，或卡片紙，用一定比例（比例选大一些的，求出来要准确些，在一般情况下可以采用1:4或1:5）在上面画上整个模型的侧面投影，机翼上反

先在这塊紙上任意找一点把它挂起來，这塊紙的重心一定在鉛垂綫上，用鉛筆或鋼筆把这条鉛垂綫的位置画在这塊紙上；然后另找一点把它挂起來，又可以獲得一条鉛垂綫；为准确起见，再找一点把它挂起來，就獲得了第三条鉛垂綫的位置。这三条鉛垂綫的交点就是这塊紙的重心位置。因为紙的厚度均等，則它們的重心与面積中心應該重合在一起。因此求得的重心位置也就是整个模型的側面積中心。量得这一側面積中心到重心的距离就是公式中的 a ，这样就可以很方便地求出模型的盤旋安定系数 K_{CY} 了。

現代牽引模型的盤旋安定系数在6—12之間。如在6以下說明垂直尾翼嫌大，模型容易發生螺旋，这时就應該减小垂直尾翼。只要保證具有足够的方向安定系数就行了。如果垂直尾翼已經很小，則應該加大机头的側面積把机身后部做細或适当地增加机翼上反角以便把側面積中心移前，也可以把重心移后，都能縮短距离 a ，提高盤旋安定系数。如果盤旋安定系数太大，虽然盤旋性能很好，但垂直尾翼过小，將影响牽引时的直綫上升。

三 空气動力性能的计算

根据第二章最后一節的方法可以把牽引模型的最大升阻比算出來。接着求出机翼荷重和飛行迎角时的升力系数，就能算出模型的飛行速度。由此就能很快地算出模型的下沉速度。在計算了它能够牽引到多大高度后，就能初步估計出这架模型的留空時間，对它的性能有了一个初步的了解后，也可以此來比較。所有这些計算方法在前面都已詳細談过，这

里不再重复。当然这些計算都是理論性的与实际有着一定的距离。一般來說計算的結果都是偏于好的一方面，因为这里考慮到的因素不够全面，很多情況下都采取了簡化的假定，再加上制作时必然存在的誤差，但仍然可以得出一个大致的数据，也有一定的用处。如果計算結果对性能不够滿意可以重新改翼型或重新設計机身。

經過一連串的修正以后，就可以肯定圖紙，下一步工作是画一份小的三面圖保存起來，作以后研究用，并开始考慮結構，画1:1的施工圖准备制作。

第五章 牽引模型滑翔机的結構設計

一 對結構設計的要求

在第四章中已經談了牽引模型滑翔机的外形設計，并且画出了它的三面圖，下面談到的就是它的結構設計了。

模型的种类不同，也就需要不同的結構。一般來說任何一种結構总需要作得很坚固。換句話說就是需要有足够的强度，能够承受預定的外加負荷而不致于引起損坏。結構愈是坚固，强度也就愈大，所能承受的外載荷也愈大。但是加强結構，必然要增加重量。因而强度与重量是互相矛盾的。

結構必須具有足够的剛性。剛性就是物体在受外力后抵抗变形的能力。剛性不够的模型在飛行速度超过某一定值时，会發生危險的抖振，例如牽引上升时机翼和尾翼的抖振。在某些模型上可以發現，結構的强度是足够了，但是剛

性太差，在飛行時雖然不致于斷，却變形很厲害。例如上反角增加，機翼扭轉，上升時機翼尾翼相對位置不正等。這些都將影響到飛行的性能。

要增加強度和剛性就勢必引起重量的增加。但是從模型本身說結構的重量愈輕它的飛行性能就愈好，即動安定性好，對上升氣流也敏感。同時又不能只顧及到重量輕而放棄強度和剛性。解決這一矛盾的原則是採取合理的結構，保證足夠的強度和剛性，並應盡量減輕重量（即設法減小不必要的重量）。

在考慮結構時一定要考慮到受力的情況，受力大的地方結構應強些，受力小的地方應弱些，然後才能選擇結構的形式。

目前某些航空模型愛好者在結構的強度方面是沒什麼問題的，他們甚至考慮到俯衝着地和飛行中碰到障礙物時的載荷，因而把各部件大大地加強了，重量也就很大。其實這是不對的。當模型碰到障礙物時其所受載荷與整個模型的重量、各部分間連接的剛性和障礙物的剛性是成比例的。特別是連接處的剛性和障礙物的剛性影響很大，如果它們都是絕對剛體的話，那末在理論上所受的載荷將達到無限大，物體必然毀壞。所以應該在各部件的連接處（如機翼、尾翼固定在機身的地方）採用緩沖裝置，例如用橡筋縛，或者採用插起來的機翼等，而不應該拼命地加強結構。增加重量的結果將使結構在碰撞時更容易毀壞。

這裡不但要求模型的結構能保證良好的飛行情況，即又輕又牢，還要求它具有很大的“生存力”（指結構不容易損

坏或者稍有损坏时还能維持飛行的本領)。例如三角形断面的机身，在断了一根縱梁以后，就会使整个机身垮台。但是多梁式有斜条的模型就毫无关系了。

此外要尽可能地減輕离重心远的部件的重量，把重量集中。在重心附近加配重來达到規定的翼荷重数值，而不要把重量分散到模型的各部分結構上去不必要地加强各部分的重量。例如薛民猷的一架三級牵引模型在机翼尾翼上采用很多斜交翼肋，机身是蒙板的，机翼連接的地方用彈性裝置，强度与剛性都很好，但結構重量很輕。在机头上加了50多克的配重以达到符合設計时重心位置的目的，在重心底下还可加170多克的配重。初看起來似乎可以把这一“重量”变成有用的結構來增加模型的强度。其实不然，分散重量会使模型的轉动慣量增大而使动安定性降低模型進入波狀飛行不易恢复，因而重量集中是十分必要的。在結構設計时必须考慮到：制作、装配、修理、調整和裝拆調換时的簡單和方便。不要采用过分复雜的結構和操作时須要很多手續的結構。

必須善于選擇和使用各种不同的材料，并且很好地利用現成的或当地易找的各种材料來代替那些較貴或难找的材料。并且應該根据不同材料的强度、重量及其本身的特点采用在不同的受力地方。

二 机翼的結構設計

由于机翼在飛行中是產生升力的主要地方，它在飛行中負担了絕大部分的載荷。当模型在滑翔时，机翼的升力几乎

等于模型的重量，也就是作用于机翼上的力相当于重量那么大。而在牵引上升时，机翼受的力就更大，约有整个模型重量的3—5倍。因而对于机翼的强度和刚性应特别注意。

（一）机翼的受力情况与“弯扭抖振”

模型的重量主要依靠机翼产生升力来支持。在飞行时升力和重力同时作用于机翼上，但是机翼本身也占整个模型一部分重量，这些重量分布在机翼各处抵消了一部分升力，因此这时机翼上所受的力等于升力减去机翼的重量，如图46所示。

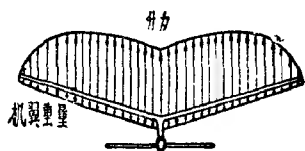


圖46 机翼的受力情况

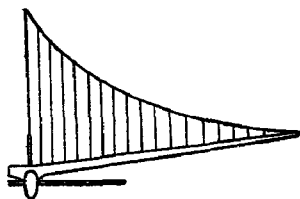


圖47 机翼上弯矩的分布

由于升力作用的结果，使机翼发生了向上弯曲的现象，产生了所谓挠度，它的大小直接与机翼的抗弯刚性成比例。根据试验可以知道机翼翼根部分所受的弯曲力矩为最大，愈到翼尖弯曲力矩愈小，成为一个抛物线的分布情况（图47）。因而在设计机翼的结构时就应该根据弯曲力矩的分布情况，沿翼展方向给予不同的强度和抗弯刚性。很明显，翼根处必须特别注意加强，而翼尖可以减弱。

另外，翼根所受的弯曲力矩还与机翼的平面形状有关。由于长方形的升力分布较为均匀，因此升力的合力的作用点

可近似地認為就在机翼的中間，而梯形及橢圓形升力合力的作用点都要更為靠近翼根。如果升力合力的大小應該一致，則橢圓形机翼翼根部分所受到的彎曲力矩要比梯形、長方形為小。

有些模型滑翔机采用机翼支柱。支柱可以用木条、鋼絲或鋁条制成，它能够承受很大的拉力，來減輕机翼的負擔。圖48中明顯地表示了由于采用支柱，引起机翼上彎曲力矩分布情况的改变，翼根处的彎曲力矩大大減小了。但是机

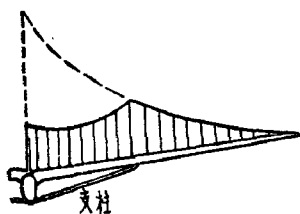


圖48 机翼支柱

翼与支柱連接的地方仍然有相当大的数值，應該注意加强。

加了支柱后机翼是較安全了，但是它將增加重量和阻力，因而需要全面考慮。

現代的牽引模型很少采用支柱，除非在那些翼型特別薄，翼展和展弦比很大的模型上才被采用。

机翼上除了有上述彎曲力矩的作用外，还受向前或向后的彎曲力矩以及扭力等作用。因彎曲力矩所占比重很小，可不加討論；对于扭力的影响必須加以考慮。

机翼在彎曲力矩的作用之下，會發生向上彎曲的变形，但是这种变形僅相当于增加上反角減小升力而已，影响并不嚴重。但由翼剖面上受力來看，如果升力不剛好落在机翼的

-
- 中性軸就是机翼扭轉時不產生变形的地方，相当于机翼繞這綫作轉動。這軸的位置与机翼結構形式。采用材料等有关。

中性軸●上，則机翼就会因此而發生扭轉變形(圖49)，这个扭轉變形將會使机翼的迎角改变，嚴重地影响到飛行性能。另外如果牽引时脫鉤不好而發生失速并轉而進入俯冲时，

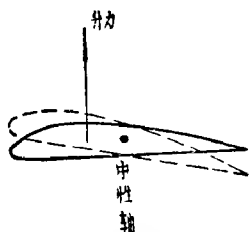


圖49 机翼的扭轉變形

如果机翼的剛性不够，升力又不落在中性軸上，这时由于迎角减小，压力中心后移，在机翼力矩的作用下使机翼的迎角更为减小，結果就使得在俯冲中不能改出而撞坏，或者是改出太迟而損失大量高度。

机翼結構的剛性不足，还容易受外界气候条件的不同影响而引起变形，例如温度和湿度的变化等。这种变形有整个均匀的扭轉，也有不均匀的扭轉，發生波浪形，这就大大削弱了模型在競賽中的可靠性。

下面談一下由于剛性不足而引起的“弯扭抖振”(圖50)。如果在机翼的中性軸上作用一个外力 ΔP ，使机翼离开其平衡位置而發生弯曲变形(撓度)，外力去掉以后，机

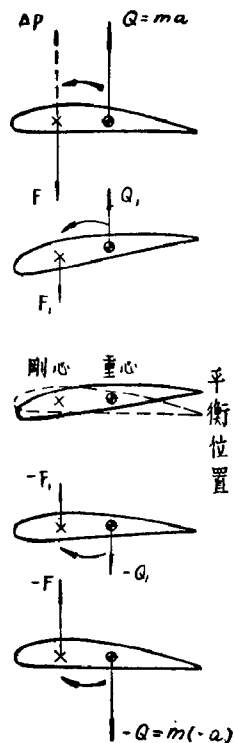


圖50 弯扭抖振

翼在其本身的彈性力 F 作用下，以加速度 a 向原來平衡的位置運動。由於機翼是有重量的，在作加速運動時隨之產生了與加速度相反的慣性力 Q ，阻礙機翼的運動（當然還有空氣阻力的作用）。由彈性力 F 與慣性力 Q 組成一個力偶就促使那些剛性不夠的機翼發生扭轉變形減少迎角，使機翼向下更快彎曲。當機翼運動到平衡位置時，這時彈性力已減少到沒有，加速度也隨之消失，而慣性力也因加速度的消失而消失。但是機翼已有很大的向下彎的速度，因而它將繼續向下運動而離開平衡位置。這時又產生了反抗運動的彈性力和與原方向相反的負加速度，這樣又產生了慣性力 $-Q$ ，企圖維持機翼的繼續運動。這樣由彈性力和慣性力又組成一力偶使機翼增加迎角，更猛地彈向原來的位置，這樣，不斷地重複，就產生彎曲和扭轉聯合在一起的振動，直到空氣阻力和結構本身把它的能量消耗掉才會靜止。可是外界的擾亂經常會來，這就嚴重地影響了飛行性能，不夠強的機翼還會因抖振而拆斷。由此可見必須保證機翼具有足夠的抗抖振的性能才行。解決的辦法是把機翼本身的重心移前，使重心與中性軸之間的距離縮短，減小扭轉力矩。具體方法是把機翼結構的前部加強和加重，如前緣蒙板等；迫不得已時可在機翼前緣加上配重（圖51）。

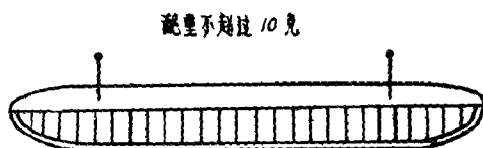


圖51 把機翼的重心移前

(二) 机翼的结构

在这里介绍几种不太复杂而又切合实用的结构形式，如图52所示。以后还要进一步讨论机翼各部件的具体构造。

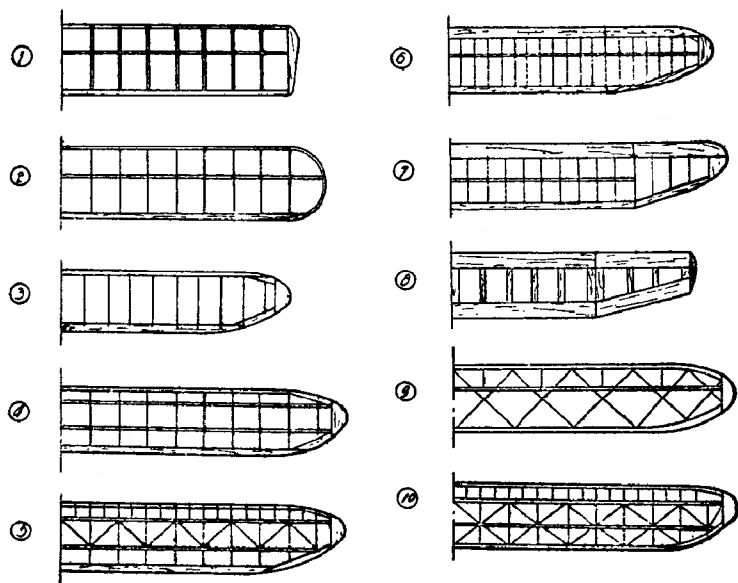


圖52 机翼的结构形式

(1) 翼梁和前后缘。翼梁和前后缘是用来抵抗弯矩的，其中尤以梁为主要。梁和前后缘还要和翼肋翼尖等联接起来成为一个完整的机翼构架。

翼梁的断面形状一般都采用长方形。梁的断面积愈大，也就是梁愈粗，它的强度也愈大。翼梁承受弯曲力矩的强度与梁的宽度成正比，与梁高度的平方成正比，因此如果梁的断面积一定，采用狭而高的梁其抗弯刚度将大得多。但是翼

梁也不能太高太薄了，因翼型的厚度有一定限度，更要考慮在兩個翼肋之間蒙紙時會陷下去，若碰不到梁則凹得較為自然，梁太高就會蒙到梁上，破壞了翼型。而且翼梁用得太薄，在模型碰到障礙物時就易損壞。

從材料試驗中知道，當梁受到彎曲時，梁斷面的上下兩端受力最大，而中間受力幾乎為零，因此在很多橋梁上採用“工”字形斷面的梁，把中間的面積放到受力大的二端，雖然重量是一樣的，但可以提高梁的抗彎剛度。如果承受的彎曲力矩相同時，這種梁由於中間的面積被“抽走”了很多，重量就可以減輕。因此在模型上也可採用這種合理的結構。在翼型厚度許可下，用松木做成上下兩根翼梁條，在中間或兩側用輕木或桐木把上下梁聯結成一個整體的梁。這一點十分重要，有些人在製作時採用了上下梁的結構形式，但是卻不把上下梁聯結成一個整體，結果是強度比長方形的梁還要差，甚至在牽引上升時折斷機翼。

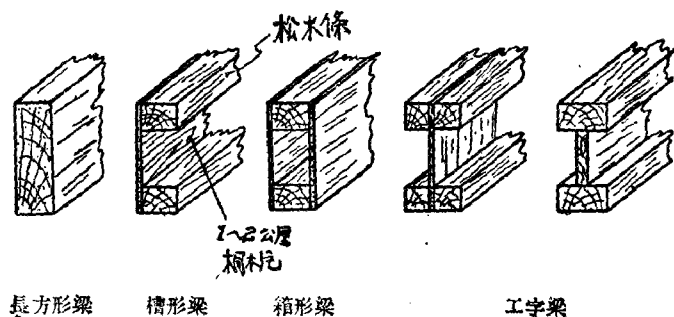


圖53 幾種梁的斷面形狀

為了減輕重量可以用圖畫紙、厚道林紙、透明膠片等來作联接上下梁的腹板。

根据前面所述机翼的受力情况可知翼梁的根部应该加强。最好是采用变断面的梁，这种梁根部最强，愈到翼尖愈弱，可以最好的利用材料，而且重量也最轻，但在制作上却很麻烦。对于长方形梁通常是增加根部高度，如果不行就增加宽度；对于槽形梁可以在根部改成箱形梁（加一腹板即可）；对于箱形梁及工字形梁则可以增加腹板的厚度，或增加上下梁条的宽度。所有这些应注意一点：如果梁已在翼根部分被加强了，由翼根向外应慢慢减弱，如突然减弱的話，将来断裂时就会发生在这里，因为这里的断面变化很大。在多折上反角形式的机翼上，应注意加强上反连接的地方。

通常翼弦在100—150公厘以下的机翼，多数采用单梁，在150公厘以上才考虑采用双梁。但也有人在180公厘翼弦时仍采用单梁的，当然应采用一些必须的加强措施。如果采用双梁，后梁的大小约是前梁的 $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ 。

在进行结构设计时应考虑到翼梁位置的前后，如果翼梁放在机翼压力中心的前面，就使得机翼向减小迎角方面扭转；如果翼梁放在机翼压力中心之后，就使得机翼向迎角增大方面扭转，所以翼梁的位置应该和压力中心的位置相一致才好（圖54）。

各种不同的翼型，飞行的迎角也各不相同，压力中心的位置也都不同，但一般来说压力中心作用在距前缘30—40%翼弦长的地方。因而如果采用单梁式就应该把梁放在这个范围内。如果采用前后双梁式，则要求两个梁合成的抗弯中性轴能与压力中心作用的位置相重合，由于前梁较强，后梁较弱，它们合成的中性轴必然较偏于前梁。通常前梁放在距前

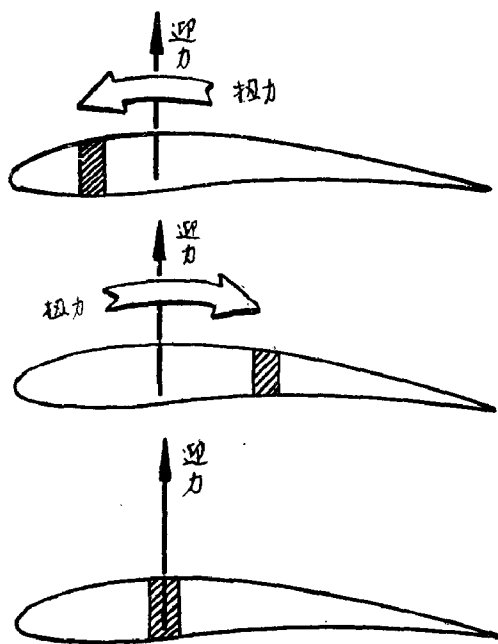


圖54 翼梁位置的影响（扭力即扭矩）

緣20—25%翼弦長的地方，后梁放在距前緣60—70%翼弦長的地方。

翼梁的断面大小决定于机翼所承受的載荷、木材的强度和翼梁断面的形狀。例如在同一个机翼上采用松木就可以比采用桐木所需要的断面積小些。一般來說对于三級牽引模型可以采用3×3公厘的松木条为上下翼梁条較為方便，再把上下梁条用桐木片連起來成槽形或箱形或工字形的梁，如果翼型薄可以采用2×4公厘或1.5×5公厘的扁梁構成工字梁。

前緣形式很多，方的扁的都行，最好与翼肋接合的面積

大些，这样就比較牢，并要考慮到当前緣發生輕微碰撞时，不易损坏。前緣木条在膠好以后，應該把它磨成与翼型的曲綫相符合。最好的方法是做一塊翼型前緣部分的样板，一面磨前緣一面到处去卡，这样磨出的前緣將很合乎翼型曲綫的要求。圖55即是几种常被采用的前緣形式。

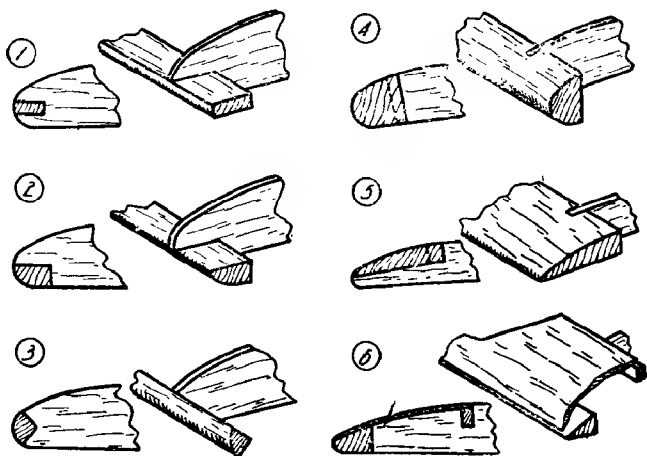


圖55 几种前緣結構形式

机翼的后緣寬度根据翼弦大小及翼型尾部厚度來決定。翼弦的寬度愈大，翼型尾部愈薄，就需要較寬的后緣。在牽引模型上采用12—30公厘寬的后緣，常用的在15—20公厘左右。为使翼肋尾部与后緣很好的膠合，一般都在后緣上开口把翼肋尾部插進去。后緣的形式很多，圖56表示了几种常用的形式。

后緣要特別注意選擇干燥及木紋平直的材料，如果后緣發生变形，就会引起整个机翼的扭曲变形。后緣一般采用一

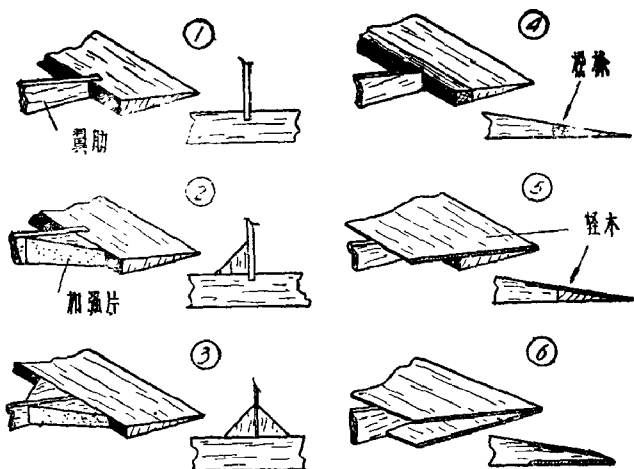


圖56 后緣的几种形式

条桐木，也可以采用兩片木片并成“V”形的后緣。为了加强翼肋尾部不易折断和联結的牢固，还可以采用三角形木片作补强。

(2) 翼肋：翼肋的主要功用是保持翼型的形状，它把前后緣及梁等組合起来成为一个完整的机翼，并将各部分机翼蒙皮所受的空气动力载荷傳到翼梁和前后緣上，并且承受机翼的一部分扭力。为了和前后緣及翼梁很好的膠合，翼肋上应开有合适的缺口。一般翼肋的厚度采用1—1.5公厘，并用桐木以減輕重量。在翼弦大的机翼上，翼肋还可以挖空，这样重量更可減輕，但是应该注意强度，翼根部分的翼肋也应该較强（圖57）。

翼肋与翼肋之間的距离与飛行速度，翼荷重及蒙皮的剛性有关。現代的牽引模型，飛行速度相差不大，翼荷重也已

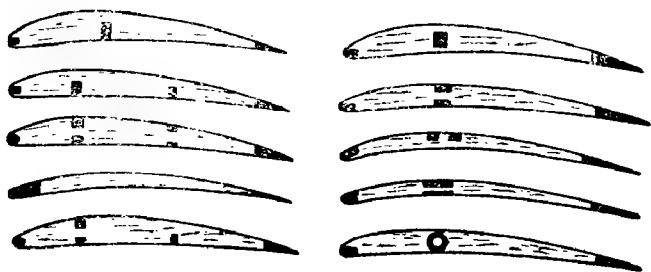


圖57 翼肋的几种常見形狀

被規定，所要注意的就是蒙皮的剛性了。如果翼肋間距離太近，就會增加翼肋的數目，使機翼的重量增加；如果距離太大，翼肋間的蒙皮就會下陷，不能正確地保持翼型形狀，不但影響到模型的空氣動力性能，也影響機翼的強度。在現代的牽引模型上翼肋間的距離採用40—60公厘的較多，如果不加半翼肋(圖58)，翼弦又較大，則應該適當地減小翼肋間的距離。半翼肋和普通的翼肋是相同的，只是沒有後面部分，僅僅到翼梁就中斷了。加半翼肋的作用，是因為機翼前緣的上弧

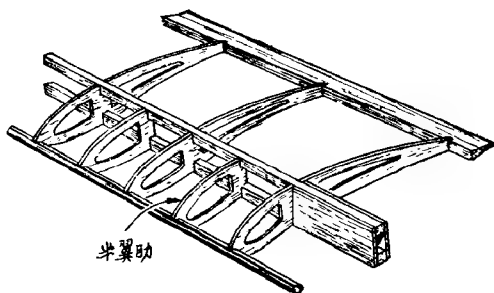


圖58 翼肋联接和半翼肋

部分弯曲較大，蒙紙容易变形而破坏翼型，結果就影响了模型的空气动力性能。装了半翼肋以后，两个全翼肋間的距离可以用得較大。

增加机翼的剛性前面已經談过是十分重要的。僅只依靠蒙紙抗扭是不行的，因为当温度和湿度改变时，蒙紙就会松懈，而使得机翼的剛性大大降低，因此就必须从机翼結構本身着手。具体地說是采用特殊的翼肋或斜支柱來达到目的。

第一种方法是采用在翼肋的周圍加貼窄木片，如圖59左方所示。此法可增加机翼的抗扭剛度；可增加翼肋的强度使它不易损坏，特別是薄翼型更有用；还可增加翼肋与蒙紙的接触面積，使蒙紙不易损坏。在做加有窄木片的翼肋时，要考慮到窄木片的厚度，應該在翼肋上切去相当于窄木片厚度的材料，以保証有正確的翼型形狀。一般采用寬3—4公厘、厚0.7—1公厘的桐木片或輕木片作上下貼片。

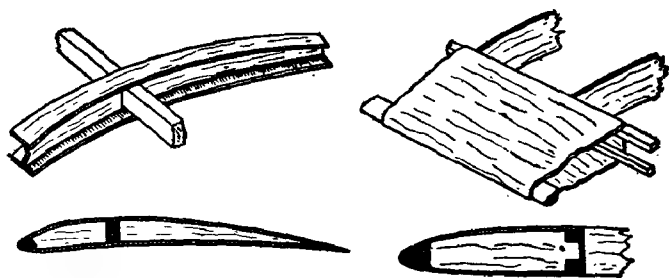


圖59 翼肋上加窄木片和前緣部分上下蒙板

第二种方法是在机翼的前緣部分上下都蒙以木片（圖59右方），把前緣、梁、腹板全都联結起來成一封閉的“箱子”。这样在机翼的前半部就成为一个箱形結構，这种結構

不但抗扭剛性很好，而且具有很大的抗彎剛度。由于在机翼前部翼型弯曲最大的地方蒙上了薄木片，因此这种結構在保持翼型方面很理想。一般采用0.5—1公厘厚的桐木片或輕木片作为蒙板的材料，木片必須首先打光然后膠上。在膠好后要磨前緣以达到翼型曲綫的要求，然后再在上面蒙紙。

第三种增加抗扭剛性的方法是采用斜交翼肋。这个方法比較起來最好，因現代的牽引模型翼型在向薄的方面發展，采用斜交翼肋后，不論在理論上或實驗中都証明这种結構形式無論在剛性及强度方面都是很好的。当然它也有缺点：这种結構形式在保持翼型的形狀方面較差，而且重量也稍有增加。虽然如此，这种方法已愈來愈多的被采用。

这种斜翼肋的外形可以由普通的翼肋外形改画而成，方法見圖60所示。这种斜翼肋的形狀实际上就是把直翼肋拉

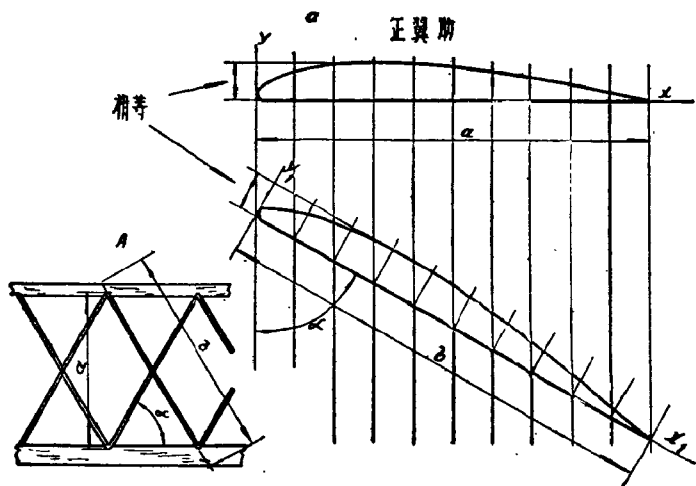


圖60 斜翼肋的画法

長，它們兩者的最大厚度和中弧綫高度等是一样的。

斜翼肋与翼展方向的夾角 α 以等于 45° 时，抗扭剛性最好，但此时在前緣部分，翼肋的間隔太大，將會影响到蒙紙的質量，因此一般 α 用 60° 左右的較多。

下面介紹几种斜交翼肋的結構形式。圖61，圖中是由上

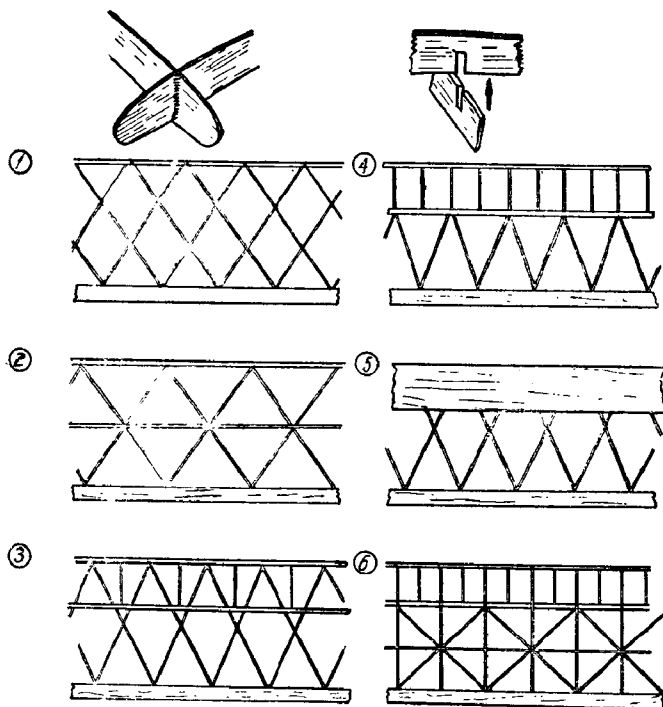


圖61 斜交翼肋的結構形式

向下看机翼时的情形。圖中①結構十分复雜，制作困难，用在翼型很薄的机翼上較為合适；圖中②比較簡單，但是前緣部翼肋間距离太大；圖中③、④采用了半翼肋，可以改善机

翼前部的蒙紙質量；圖中⑤前緣部分上表面蒙板，这样又增加了强度与刚度，而且前部的翼型保持最好；圖中⑥是全翼肋、半翼肋与斜翼肋联合使用，結構当然較为复雜，但是空气动力性能較好，强度与刚度都較好。

斜翼肋在相遇时，可以割断，也可以开缺口，見圖61上方。

最后談一下薄翼型本身的剛性。薄的机翼不只是整个剛性較差，而且翼型也可能因太薄而容易改变它的弯曲度。要改善这一情况可在翼肋的上下貼上窄的木片(前面已談过)，太薄的翼肋可以貼卡片紙。另外也可以在机翼的下面加几片薄的桐木片或輕木片來增大翼肋的剛性，每半边机翼所加木片一般不超过三片(圖62)。

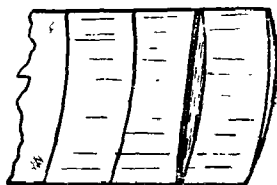


圖62 增加翼肋的剛性

(3)翼尖：好的翼尖可以减小誘導阻力，所以不管是什么翼型都喜欢把机翼翼尖部分做成圓形或橢圓形。在小型的牽引模型上，翼尖可以用直径1—1.5公厘的竹条弯成（用火烘烤）。在較大的模型上采用木片、木塊并成所要求的形狀。制作时应作得准确，木紋的方向要和最長的方向相一致，在和前后緣相接处最好加上三角形的加厚片，如圖63所示。

如果翼尖的翼型把中弧綫高度降低，甚至采用对称翼型，則誘導阻力將有所降低。这样，可以把中間的翼型和翼尖的对称翼型通过作圖法來合成，也就可以得到一系列由中間長方形机翼部分的翼型逐渐过渡到对称翼型的过渡翼型。它們的画法參看圖63下方所示。

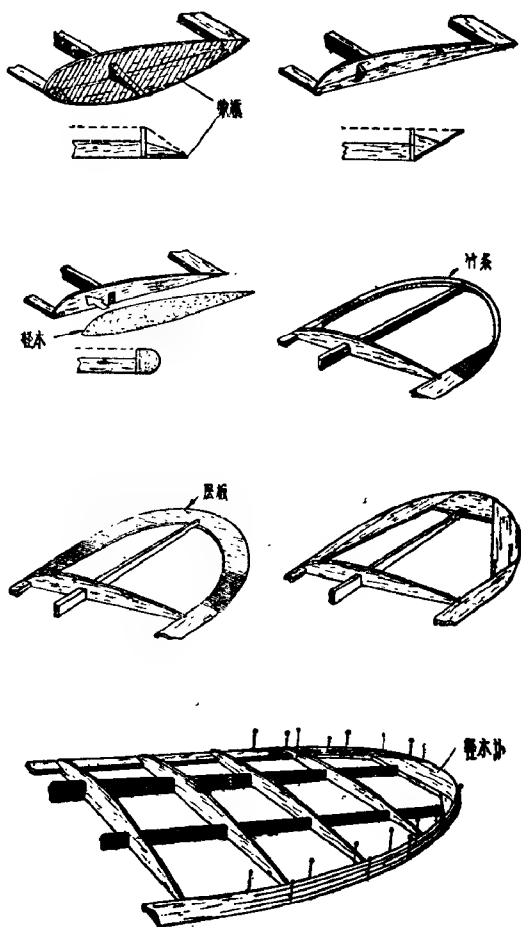
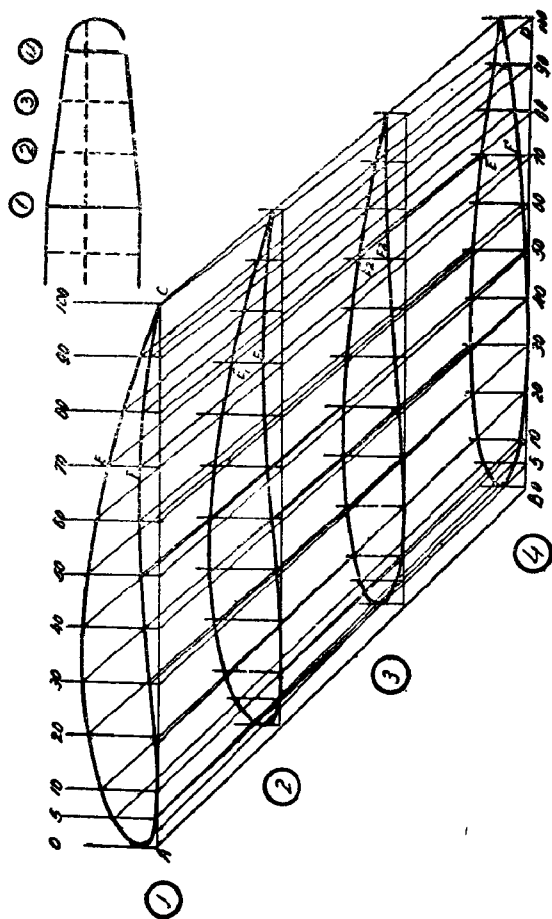


圖63 翼尖形狀



和过渡翼型的画法

(4) 上反角。上反角的种类很多，在上反角处机翼都要上折，因此必須把梁切断，然后再按照一定的角度接起来。为了使接好的机翼仍能有足够的强度，就应采用加强片。接好以后还可以在外面縛上綫，綫外塗一層膠水就更牢了（圖64）。

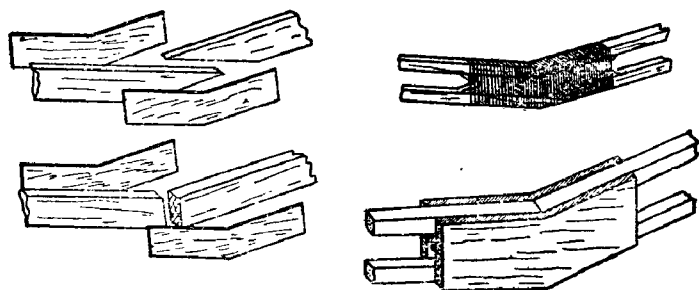


圖64 上反角的接法

(5) 机翼的安裝。牽引模型一般都較大，为了攜帶方便，通常把机翼作成可以自由裝拆的机翼。

安裝的方法一般是用橡筋縛，或采用插銷的方式。用橡筋來縛的固定方法便于調整，机翼可移前移后，要改变迎角也較方便。在碰撞时，橡筋能起緩冲作用，可以避免或減輕机翼的损坏程度。在机身上裝两个直径3—5公厘的竹銷，或是不太細的鋼絲鈎，可以更便于固定橡筋，橡筋还可以因此而少用一些。但是用橡筋固定的方法，由于橡筋露在外面，將增加些阻力，对于机身很細的模型來說，用橡筋固定机翼仍然会左右搖擺，必須在机翼膠一个寬的翼托來支持机翼。但是采用插銷的方法就可避免上述情况。

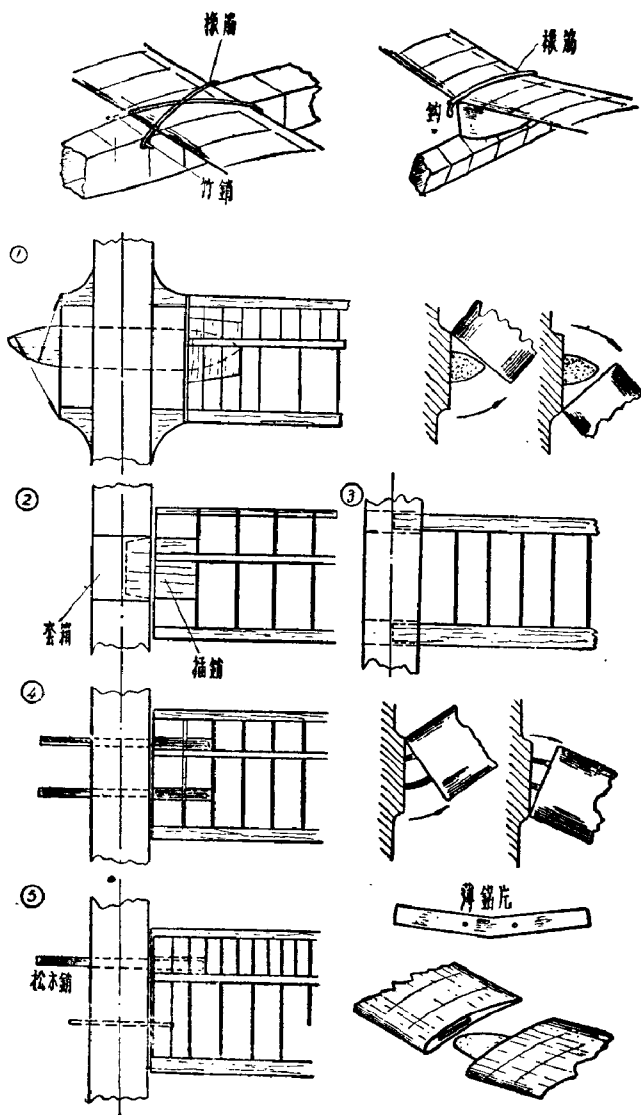


圖65 机翼的安裝形式

所用的插銷最好能够保証机翼在模型碰到障碍物时松开，这样就可大大降低机翼的损坏率。这种插銷一般用寬30—60公厘的硬鋁或層板制成，有的是用木条，也有的是用薄鋁片。这要决定于所采用的插銷形式。

圖65中的形式①可以在冲击时松开，其插銷的形狀由兩条圓弧組成，弧的中心在机翼的前后緣上，这样在冲击时机翼就会以这两点为圓心旋轉而松开。一般插銷裝在机身上，而套箱裝在机翼內。这种插銷如果以硬鋁为材料可以成为彈性机翼。方法將在下章詳細討論。

圖65中的形式④也是可以在撞击时松开的，但是插銷的形狀不是一块板，而是由很多片0.5公厘左右厚的鋁片合成。它能够前后弯曲，但是却不能上下弯曲，因而不能成为彈性机翼。当撞击时，机翼將以前后緣的兩点为圓心旋轉而松开。

机翼采用插銷的方式安裝对于中單翼，上單翼或高單翼都合适，只是在上單翼和高單翼时要另外做一小段中翼。

有些人不把插銷或套箱做在机身上，也即不采用机翼和机身联結的方式，而是机翼和机身采用插銷和套箱联結起来，然后再用橡筋縛在机身上。这样，一个很長的机翼就容易携帶了，而且也具有了調節方便的好处。

三 尾翼的結構設計

尾翼由水平尾翼和垂直尾翼組成。尾翼特别是水平尾翼在飛行时的受力情况与机翼很相似，因而它的結構形式也应该与机翼相仿。不过因为它的面積和展弦比都很小，受

力不大，对空气动力性能要求也不高，所以它的結構也就比机翼要簡單得多。

水平尾翼的結構形式，以及翼梁、前后椽、翼肋和翼尖等結構都与机翼相似。不同的是水平尾翼的結構形式簡單，一般都采用單梁式或无梁式，因为它的翼弦較小。圖52中的①、②、③、⑥、⑨可以用來做水平尾翼的結構。其翼梁、前后椽的断面大小应比同样大小翼弦的机翼上的小一些，翼梁的前后位置和翼肋間隔可以完全按照机翼結構的方法，再根据水平尾翼翼弦的大小來確定。如果希望水平尾翼在蒙紙以后較好的保持翼型，則可以在前緣部分加半翼肋或蒙薄的木片。

尾翼的剛性十分重要。水平尾翼只要有一点扭转变形，就会嚴重地影响到俯仰平衡（因为尾力臂很長），致造成模型發生“头重”或“头輕”現象，不是下滑速度很大就是波狀飛行，嚴重地影响了飛行。

因为水平尾翼安放在机身的尾部，應該做得輕。采用蒙板等方法來增加抗扭剛性时会增加較大的重量因此不太合适。比較好的方法还是采用斜翼肋的形式，效果既好，重量增加的也不多。圖61中的②、③、④、⑤可以考慮在水平尾翼上采用。斜翼肋的画法則完全和机翼相同。

水平尾翼的安裝一般設計成可以拆卸的，这样不但調整时方便，也容易攜帶，还可以利用水平尾翼作为迫降裝置。

圖39中的尾翼形式以B、Г、Д、E 的安裝方法較為方便，只要用橡筋縛在机身上就行了，有时也与迫降裝置合在一起來安裝（在下一章中將會談到此問題）。下面談一下圖39所

示A及B二种尾翼的一般安装法。

圖66中的①是垂直尾翼固定于水平尾翼上，而把这一尾翼整个的用橡筋縛在机身上。圖中②是垂直尾翼与水平尾翼分开的，这样在携带上有很大的方便，垂直尾翼用插銷插入水平尾翼中，并在前后緣裝鈎用橡筋來固定在机身上。为保証垂直尾翼有正确的安装角，也即垂直尾翼与机身軸綫一

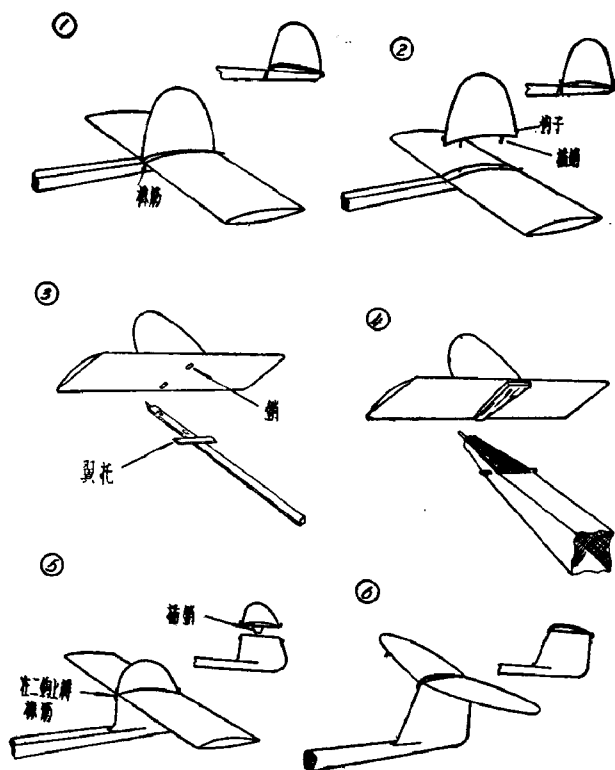


圖66 尾翼的几种安装法

致，在水平尾翼下面裝上一些凸出物嵌在机身內，如圖中的③、④。圖中的尾翼⑤是水平尾翼與垂直尾翼的尖端固定在一起，為安裝得正確，在水平尾翼下裝一片插銷，然後在前后緣的鉤上用橡筋縛牢。這種垂直尾翼受力較大，設計垂直尾翼結構時應該加強些。圖中⑥的尾翼形式只要用橡筋縛住水平尾翼就可以了，由於水平尾翼離机身更遠，垂直尾翼高，就特別需要加強。

垂直尾翼的結構形式也很多，可以採用整塊的木片製作，也可以採用構架式，用前后椽、翼肋、翼尖、梁等組合起來。為了抗扭，也可以採用斜交翼肋，這時就不必用梁了。用木片做垂直尾翼簡單方便，但重量稍為大些，採用輕木較好。我們也可以用桐木條或輕木條來代替這種整塊木片的垂直尾翼，用厚木片搭一邊框，然後中間用木條交叉的膠起來，待膠水干後取下把前緣磨圓，後緣磨尖就行。圖67表示了几種垂直尾翼的結構形式。

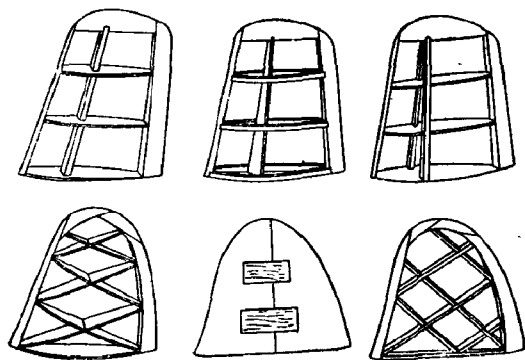


圖67 幾種垂直尾翼的結構

四 机身的結構設計

机身用來联接机翼、尾翼和尾橈等部分，使它們能成為一架完整的模型。

机身除了受到本身的重力、側壓力，有時也產生一些升力外，還受到由机翼和尾翼傳給它的彎曲力和扭轉力。當模型牽引上升時，机身所受的力要比平飛時大得多；在着陸時，机身還要受到撞擊力，這種突加的力量會使那些結構脆弱的机身拆斷。

在考慮机身的結構時，應該注意到机身的空氣動力性能，主要的是阻力要小；結構要有足夠的強度而且簡單，制作方便；還要注意到机身和其他主要部件的安裝是否方便可靠。

牽引模型的机身大致可以分為杆身與艙身二種。主要是由机身的最大橫斷面積來區別的。從1956年開始，國際航空聯合會已經取消了對於机身最大斷面積的限制，因而現代牽引模型的机身粗細可以任意決定。但是不要錯誤地認為机身愈細愈好。細的机身阻力可能稍為小一些，但是它的側面積的太小可能影響到盤旋安定性；另外如果要得到同樣的強度，則艙身的結構要比杆身的輕得多。

下面分別把杆身及艙身作一些簡單的介紹。

為了使杆身的模型具有良好的盤旋安定性，通常都在杆身的機頭部分加一塊木片，或者加一流綫型的機頭，或是機頭上面加一塊垂直面。杆身的制作可以用窄木片膠合成正方形的杆身，如圖68中的①；也可以首先用木條搭成構架，然

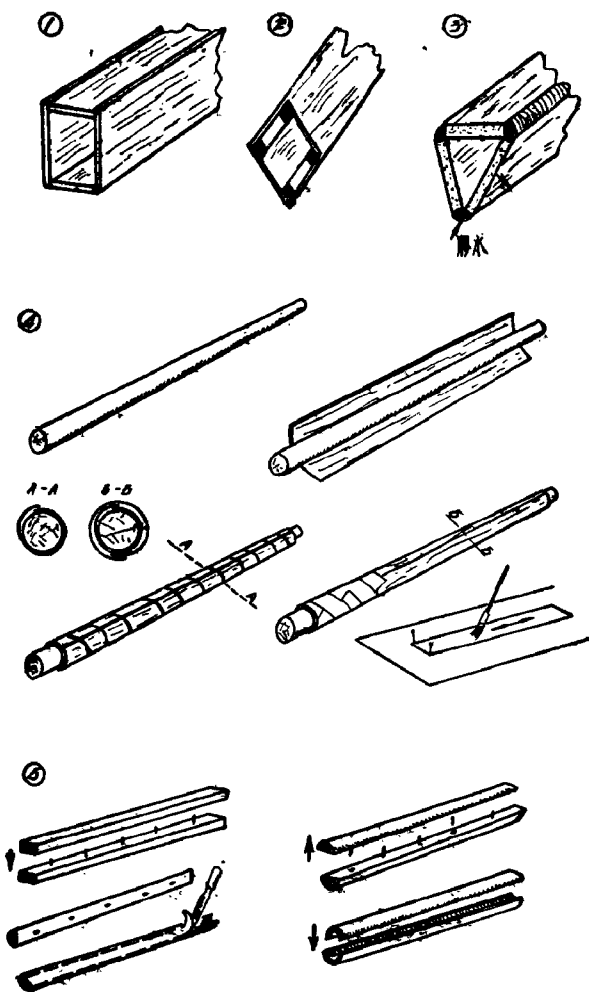


圖68 杆身機身的幾種形式

后在外面蒙上薄的木片或膠片，如圖中的②。曾經有人以三片厚木片用膠水沾成三角形，在木片与木片相接的地方一次又一次地塗上膠水，膠干后就制成很結实的杆身如圖中的③还可以利用圓的木棍，在它的上面把薄木片卷上去。在卷上去以前，最好在热水中泡一下，这样木片就不会在卷时裂开。卷上以后塗膠，再繞上薄綢或細麻布，也可以用綫縛干后把綫拆去，这样膠合以后就十分牢固，而且空气动力性能也很好，如圖中④。还可以用兩根粗木塊做成机身的形狀，用几根竹梢釘在一起，將其表面作成圓形或橢圓形，之后取下竹梢，把所作的兩半塊机身打开，用挖刀把中間挖空，如圖中的⑤，最后再把此兩半塊膠合，將外表打光就制作成杆身了。另外我國出產的竹子很多，可以設法挑选到粗細合适，竹皮較薄的竹子。把外表面的節除去就可用来制作杆身机身了。这种机身可以更細，但是强度和剛度都很大，不易损坏，只是重量会大一些。

艙身通常有構架式和隔框式兩種。構架式一般是長方形、正方形或菱形断面；而隔框式的断面形式很多，有長方形、三角形、正方形、菱形、圓形、多角形和橢圓形等。

構架式机身是由四根 2×2 到 4×4 公厘的縱梁和一些橫直支柱構成。有时为增加机身抗扭剛度还加上斜支柱。縱梁主要是承受机身的弯曲力，支柱承受机身的扭力。受力大的地方可以用粗一些的支柱，或支柱的間隔小一些，机身末端支柱可以用細些，材料强度差些的，支柱的相互間隔也可以大些。

在受力較大的机头部分和机翼下面，采用斜支柱是很有效的，它將使机身的强度增加很多。有时在机身断面較細的

情況下，而外面又不蒙板，就有必要在機身的後面也採用較細些的斜支柱，以增加抗彎和抗扭的強度。

構架式機身比較起來最為簡單，採用得相當廣泛。製作時一般都先做左右兩半片，然後再加上橫支柱裝配成一個機身，最後再在頭部膠上機頭木塊等其他一些零件。

隔框式機身是由縱梁和隔框構成的。隔框的形式很多，有些模型上前後的隔框形式都不一樣。例如前面用多角形而後面卻採用菱形。為了減輕重量隔框的中間大多數是挖空的，另外自動轉彎舵的操縱綫也要從機身內通過，即使不能挖空，也應該用鑽頭在隔框上鑽洞。

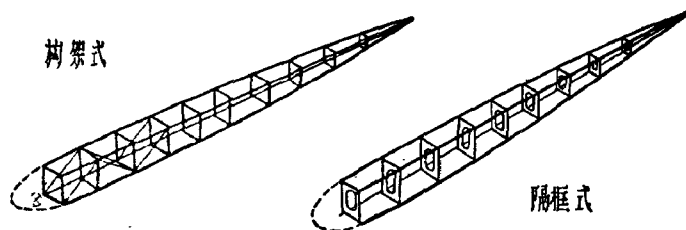


圖69 構架式與隔框式機身

隔框式所用的材料可以在1—3公厘厚的層板上畫上機身的形狀，然後把所需要的形狀刻下來，再用鋼絲鋸把中間挖空就制成了。如果沒有層板，可以用桐木片或松木片膠合，這兒指的膠合並不是要大家自己來做層板，而是指圖70中所示的做法，先把幾片桐木片的角膠牢，然後再在每個角上切安裝縱梁的缺口。

對於三角形、長方形、正方形、菱形、多角形等可以採用2×2到4×4粗細的縱梁。圓形和橢圓形的機身一般不用

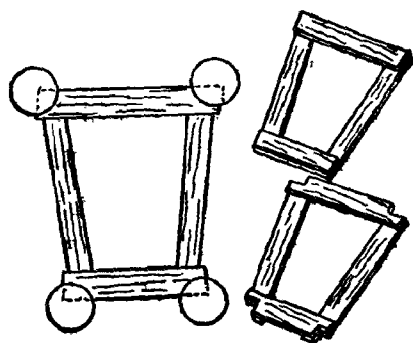


圖70 用木片做隔框

梁，而用 2×2 到 3×3 的桁条來代替。但是如果要獲得好的蒙皮表面，對於圓形和橢圓形机身不能採用紙來作蒙皮，而應該採用薄木片。因為用紙的話，從一個隔框到另一個隔框之間的紙就會陷下去，而隔框的邊緣卻鼓出來，這樣机身的表面就很不平滑。

圖71中畫了二十四種隔框的形式可以參考採用。有些

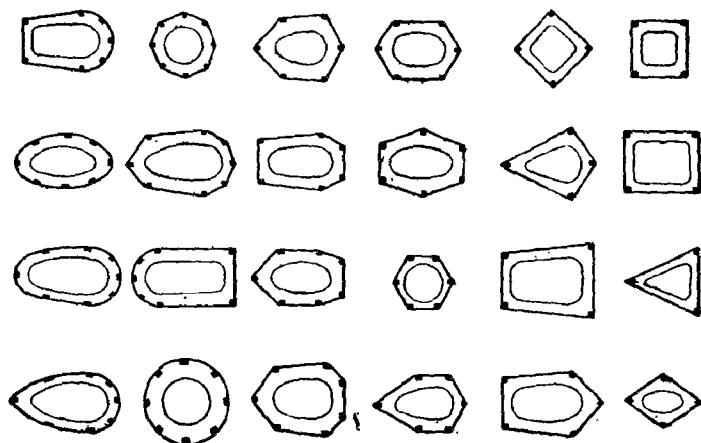


圖71 隔框的形式

人在做好方形構架式机身以后，在它的上下膠兩片半圓形，成為一個近似于橢圓形的混合式机身也是很好的方法。

為保護机身在着陸時不要被磨損或撞壞，應該在机身前部底下裝上滑撬。

第六章 牽引模型滑翔機中的特殊裝置

一 自動轉彎裝置

自動轉彎裝置能使方向舵在牽引上升時保持在中間，以便直綫上升，而在脫鉤以後，又將方向舵偏轉一個角度促使模型作盤旋飛行。這個裝置簡單有效，所帶來的好處很大。

自動轉彎包括：可以前後移動的牽引鉤、拉綫、方向舵和彈簧等部件（72）。這種裝置利用牽引力來操縱，只要牽引力存在，方向舵始終保持在中間不變，而當牽引力消失以後，彈簧才起作用使方向舵偏轉。

採用自動轉彎裝置的好處如下：

（一）幫助模型消除由於製造過程中不可避免的誤差，即使模型不太對稱，也能保證它作直綫上升，爭取最大限度的利用牽引綫長，增長飛行時間。

（二）能自動偏轉的方向舵可以促使模型在脫鉤後以一定的盤旋半徑作轉圈飛行，而不作直綫飛行。只會作直綫飛行的模型，雖然在牽引上升時會走直綫，但是滑翔時也作直

綫飛行。當它碰到上升氣流時，很容易就越過了，僅僅上升了一小段距離而沒有能轉入上升氣流區域中；其次作直綫飛行的模型容易隨風飛遠了，如果找不回來就是相當大的損失。在競賽中找不回來，就必須飛备份模型。如备份模型再飛丟了，就意味着有得零分的危險。

由此可見，任何一架牽引模型上都應該採用這種先進的設備。但它也有缺點，在制作時必然會麻煩些，可是與它的好處相比實在太不足道了。

在制作自動轉彎裝置時應注意：

(1) 要求它靈活、可靠。靈活就是指各部分的摩擦力應該盡量減小，這有很重大的意義。致于可靠，就是要求每次在牽引時及脫鉤後方向舵的位置都一樣，這樣調整好以後，就能使模型直綫上升，並用一定的半徑盤旋飛行；只有每次都依同樣大小的半徑飛行，調整好的俯仰平衡才能保持，模型將以正常的滑翔角飛行，而不致于出現“頭重”或“頭輕”現象。

(2) 要求方向舵不論在牽引上升時和滑翔時所處位置可以隨便調整。這一要求涉及方向舵的設計和制造，只有達到這一要求才能充分顯示出自動轉彎裝置的前面所談到的好處。

下面來介紹一下自動轉彎裝置的構造。

首先要說的是牽引鉤部分。在裝有自動轉彎裝置的模型上，牽引鉤有着雙重任務。第一、要作為牽引鉤使模型被牽上去；第二、要作為操縱方向舵的操縱杆。

圖72中的形式①最為簡單。在機身底下穿一孔，把拉綫

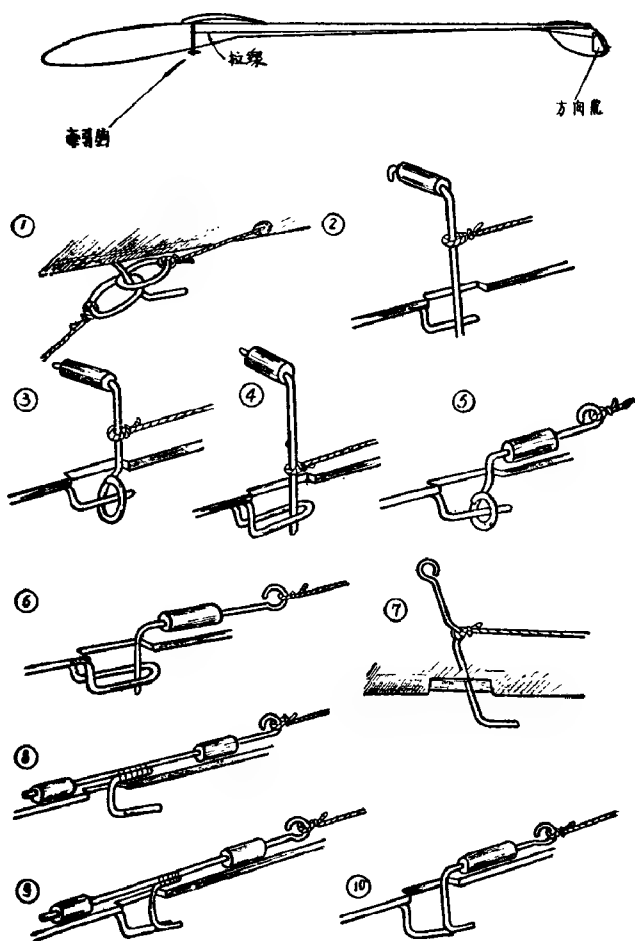


圖72 牽引鉤部分的裝置

引出來，然後在其末端結一拉環就行了。牽引以前把拉環先套在牽引鉤上，然後再套上牽引環，這樣在整个牽引過程中，拉環始終在牽引鉤上，只有脫鉤以後，拉環才能脫出來使拉綫放鬆。這裡要注意的是牽引物的形狀不能成直角，而要有一定的斜度，使拉環一定能夠由牽引鉤上脫下來。

圖中的②、③、④是屬於一種搖臂式的。這種形式具有一個固定在機身上的牽引鉤，牽引前把牽引環套上，這時搖臂以上面固定在機身中的圓管為中心向前偏轉而拉緊拉綫，直到牽引環脫離牽引鉤，搖臂才彈回去。對圖中的③要加些說明：其中搖臂末端是一環，這一環應該做成橢圓形，或長圓形，它的長軸在垂直方向，以致擺動時才不會卡住。

圖72中的⑤、⑥與前面是相象的，只不過把搖臂式改成滑動式。與前三種比較起來它們所占的地方要小得多，因為它們沒有很長的一根搖臂，這二種形式用於杆身機身中很是合適。

圖72中的形式⑦，牽引鉤就是搖臂，這種做法要簡單得多，但是必須注意加強搖臂的軸和軸承的安裝，因為牽引時的力完全由此傳到機身上，再傳至各部分。此外，在剛開始牽引時，牽引綫與機身間的夾角幾乎為零度，隨著模型的逐漸上升，牽引綫與機身間的夾角也就愈來愈大，到將要脫鉤時這一角度已接近 90° 了。如果搖臂牽引鉤的軸安裝在圖73中B的位置，也即在不牽引時搖臂在垂直位置；牽引時的前階段時搖臂偏向前面，到了牽引時的后階段時，由於牽引綫與機身間的夾角，也即牽引力與機身間的夾角逐漸增大到一定角度時（圖中F的位置），搖臂就隨着這一角度的增大而

向后轉动，这时便逐渐放松拉綫，方向舵也就开始偏轉，結果促使模型轉弯而自动提早脫鈎，这样就損失了高度，因此不應該安裝在B的位置，而應該把搖臂安裝在A的位置。这样即牽引力已与机身間的角度达到 90° ，搖臂也不会向后偏轉，一定要牽引环脫开，它才会彈回去。总之，要采用这种形式就必须把搖臂的軸裝得靠前，即裝在制止搖臂向前擺动的前面就更好。

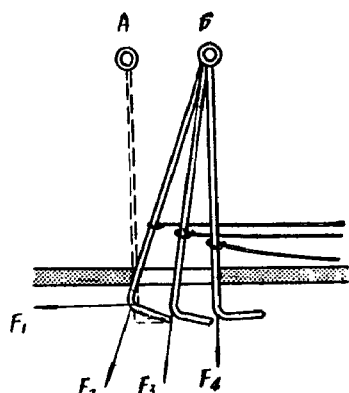


圖73 搖臂牽引鈎位置的变化

圖72⑧也是可滑动的牽引鈎，比較簡單又不占地方，也不必顧慮上述情况，但要注意牽引鈎与滑动杆联結得是否牢，应用細鋼絲或銅絲縛住，再在外面焊上錫。

圖72中⑨、⑩由外表來看是一种双重鈎的形式，不在牽引时看起來是个鈎。当牽引时由于受到牽引力向前分力的作用，兩個鈎合而为一。牽引力仍会全部由固定的牽引鈎來承受。这种鈎在使用时有一定的方便之处。

所有这些都是依靠了牽引力向前的分力使拉綫拉緊的。但在牽引力快垂直于机身时将如何呢？那时由牽引力及牽引綫的重量而引起的牽引鈎与牽引环之間的摩擦力將維持那些搖臂、滑杆不向后运动。所以就應該在舵上采用弱的彈簧，使彈力不超过这一个不大的摩擦力。且鈎子的軸承、套管等处应做得灵活，以免卡住阻止方向舵彈回。由于上述部件都

安裝在机身下面，在着陸時，不免要進去些塵土，因而就必須使軸與軸承，滑杆與套管等配合很松，留的間隙也應該大些，特別是滑杆式的摩擦面很大。只有配合得很松才能保證永遠靈活可靠。

拉綫應採用伸長率小的綫，就不致因綫本身的彈性而影響傳給方向舵的動作，可以採用細的鋼絲或銅絲；或是釣魚用的細麻綫；或是拿一條較粗（直徑約0.7—1公厘左右）的棉綫在濃塗布油中泡一會取出來，在它下端挂上一把鉗子，以便先把它拉長一下，待塗布油干了以後再用，也是非常合適的；象尼龍綫那類彈性大的就不適合於做拉綫。

圖74中表示了方向舵部分的構造。方向舵安裝的位置通常只有兩種：一種安裝在机身的上面；一種安裝在机身的下面。從圖上可以看出：安裝在机身上面的方向舵，它在垂直於气流方向（也就是近似垂直於机身的方向）的長度要比安裝在机身下部的方向舵的長度為大，而它在平行於气流方向的寬度却要小些。用象對待机翼那樣稱這長度與寬度之比為“展弦比”。

當模型脫鉤以後，方向舵就要在彈簧或橡筋的作用下偏轉，這樣气流吹到方向舵上就有一定的夾角，這時在方向舵上就會產生空气動力而使模型轉彎。由於安裝在机身上面的方向舵的“展弦比”較大，它的“有效升力”也較大，因此這種方向舵只要偏轉較小的一个角度，就可使模型轉彎，也就是說這種安裝在机身上面的方向舵比安裝在机身下面的要灵敏些。但是由於上述的這一優點也帶來了缺點，因為方向舵安裝在上面灵敏，調整轉圈半徑時必須十分仔細，板多或板

少（那怕是半度到一度），將會使轉圈半徑相差甚大，原來調整好的俯仰平衡就不可能保持，而轉圈半徑也不容易調到合適的大小。另外模型上的方向舵與橡筋和自由飛模型上的不同，它不是用鋁片或銅片固定在垂直尾面上，要偏多大角度就板多少；而是每次牽引上升時跑到中間，脫鈎後自己偏過去。由於製造的不精密，每次偏過去的角度總有些差別，如果方向舵十分灵敏，作用十分明顯，那這一點誤差也就會引起轉圈半徑的改變，從而影響俯仰平衡。而安裝在機身下面的方向舵不大灵敏，即使方向舵偏的角度前後誤差達一、二度也沒什麼大關係，調整時也要方便得多。但是把方向舵安裝在機身下面著陸時容易碰壞。為了彌補競賽中碰壞模型，給下次飛行造成困難，應該在垂直尾面上裝用鋼絲或竹做的滑撬，以保護方向舵。薛民獻的模型滑翔機上裝有此種鋼絲滑撬，從沒有因著陸而碰壞過方向舵。

一般來說，安裝在機身上面長而窄的方向舵，偏轉 2° — 5° 已很足夠；安裝在機身下面的則需要偏轉 10° — 25° 。

方向舵裝有搖臂，一端縛拉綫，一端與橡筋或彈簧相聯。搖臂可以用1公厘厚的三層板、竹絲或者鋼絲彎成。圖74的前兩種方法制作方便，但調整麻煩；採用鋼絲搖臂制作時麻煩，但調整方便。

調整方向舵在牽引上升時及滑翔時的位置有幾種辦法。牽引上升時用可以改變長度的拉綫或者鋼絲式搖臂就能達到目的。如果需要方向舵在牽引上升時更被拉綫拉過來些（即要方向舵偏向與滑翔時相反的一面），則可以縮短拉綫，或者把鋼絲搖臂用尖頭鉗板向後面去些就行了。而在滑翔時，

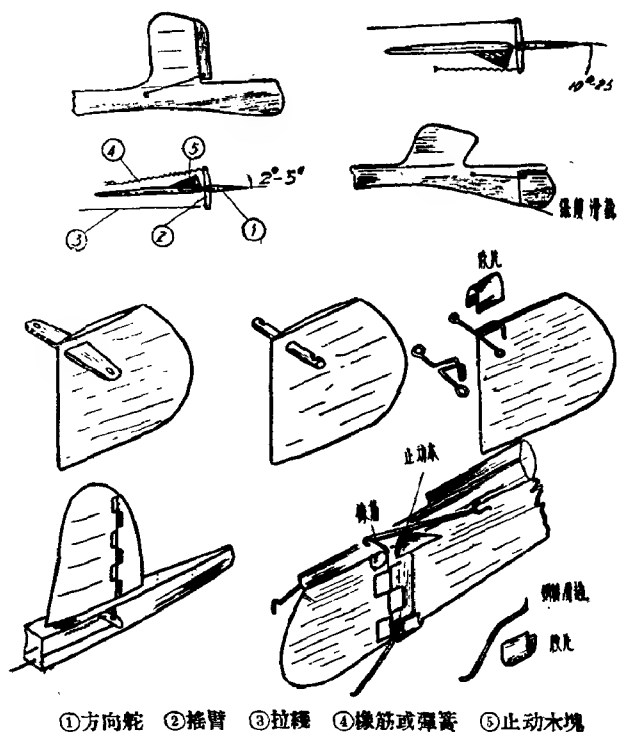


圖74 自动偏轉舵

如果希望改变轉圈半徑，則應該由止动木塊或者是在鋼絲搖臂上着手。对于層板，竹絲式的搖臂，如果是要减小轉圈半徑，可以削掉些止动木塊，就可以使方向舵在偏过去时角度大一些；鋼絲式搖臂不用削止动木塊，而只要用尖头鉗把联着橡筋或彈簧的一端搖臂往后弯些，就可增大方向舵的偏轉角。由此可見方向舵上用了鋼絲搖臂在調整方向舵位置时，只要用尖头鉗弯來弯去，是比較方便的。

方向舵可以用布或綢交叉貼牢在垂直尾面上；也可以

用特制鉸鏈來安裝。如果在安裝方向舵處機身足夠粗的話，應把搖臂、橡筋等裝在里面，这样可以减小阻力而又美觀。

止動木塊，或是其他止動的裝置一定要裝。有了它才能使方向舵在彈回去時每次所在位置可相同，这样才能獲得穩定的飛行姿態。

所用橡筋或彈簧應固定一個不變。因為當牽引上升時，拉綫將拉方向舵，這時由拉綫內拉力對方向舵轉動軸造成的力矩應該與橡筋彈力對轉動軸所造成的相平衡，如果換了一條橡筋，則由於彈力改變，上述力矩平衡破壞，這時方向舵將在與原來不同的位置而促使兩個力矩再度平衡。但方向舵位置的改變就會影響模型上升的姿態。

匈牙利的航空模型愛好者採用了兩根綫來牽引起飛，依靠這兩條綫就可以在牽引時操縱模型的方向舵（圖75）。

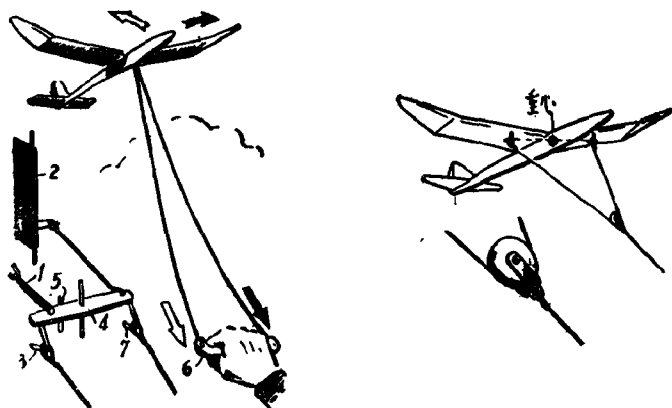


圖75 雙鉤牽引法

這種裝置的構造是在重心前面原先裝牽引鉤的地方安裝一個搖臂，兩端有兩個牽引鉤，以便套上兩條牽引綫。另外在

搖臂的兩端一邊聯着帶動方向舵偏轉的杆子，另一邊聯着一條橡筋，脫鈎以後，橡筋就把搖臂拉得偏轉，結果方向舵也偏轉，模型仍作正常的盤旋飛行。

用這種方法牽引起飛時，手抓住連有兩條綫的把手，就可以隨時隨地的轉動把手而使方向舵偏轉來糾正模型的上升路綫。

還有用兩只牽引鈎起飛的方法：兩個牽引鈎安裝在機翼下面，牽引綫的末端有一個層板做的滑輪，帶有兩只套環的一段綫由滑輪間穿過。這二個套環就套在安裝于機翼翼梁上的兩只牽引鈎上。牽引時如果模型偏到右邊去了，滑輪就會滾向左邊，牽引力便促使模型恢復回來。採用這種裝置可以使模型十分穩定地上升，一旦偏了也很容易糾正。另外，由於牽引鈎就在半邊機翼總升力的附近，大大地減小了翼根所受的彎曲力矩，因此裝有這種裝置的模型可採用更薄一些的翼型。

二 自動定時強迫降落裝置簡稱為 “迫降裝置”

牽引模型滑翔機由於世界各國航模愛好者的努力，飛行性能已不斷改進和提高。但是，往往這些飛行性能很好的模型在試飛或競賽時由於碰到上升氣流而被帶走，有時竟無法找回來，這是一個十分重大的損失。如果在試飛時丟失，就不能很好地試出模型的性能，對以後改進和設計新的模型將有影響；如果在競賽時丟失，就不能完成正式飛行而得不到

分数。

为了防止这些损失，应该制造一种自动装置，它能够使模型在预定的时间内，不管高度多高，都能很迅速且安全的着陆，这种装置就是迫降装置。它是依靠破坏模型的正常飞行状态而达到目的的。

要求迫降装置很可靠，不要用了迫降装置仍发生飞丢模型的事故。这里涉及几方面，首先是装置本身是否能很好地动作，其次是控制时间的药线或机械控时器是否能到了预定时间发生作用，再就是运动员本人是否已熟练地掌握了这些装置。

迫降装置的形式甚多，大致有下列几种：

(一)“降落伞”式迫降装置：这种装置表示在图 76 中。图中①是在模型的重心附近有一个可以安放“降落伞”的舱：“降落伞”用薄纸或薄绢制成，当计时装置的线把舱盖栓拉开后，“降落伞”就因弹簧弹力而被弹出并张开，这时就大大地增加了模型的额外阻力，能使模型的飞行速度慢 2-3 倍，模型就开始很快的下沉着陆。

这种装置需要很多的附加零件，有时遇到强烈的上升气流，这种装置不能有效地迫使模型下降，因而采用不广。

图中②比较简单些，飞行时把“降落伞”摺得很好地放在机身侧面，用线把它缚住，当控制时间的药线（通常称作“迫降线”）把缚住降落伞的线烧断以后，“降落伞”就离开机身，拖在模型的后面，这时阻力增大很多，模型就因升力不够而下沉。

(二)空中刹车式迫降装置：这与前面一样是利用产生

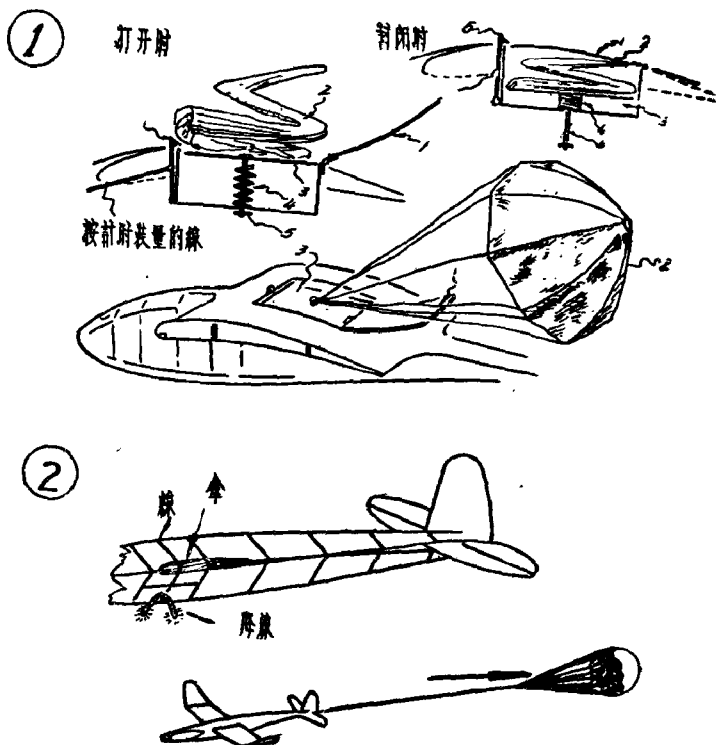


圖76 “降落伞”式迫降裝置

額外阻力迫使模型下降的方法。通常是在机身或翼台兩側，或机翼上裝“刹車片”，到了一定時間后，由于迫降綫燒断了縛住的綫，刹車片就彈出來，于是模型便下沉着陸。

刹車片的安裝形式很多，在圖77中列举了几种。

圖中①的刹車片裝在机身的兩側，起飛前把兩刹車片合上，在鋼絲鈎上縛好迫降綫，到一定時間迫降綫燒断了縛住刹車片的綫，刹車片在橡筋的彈力作用下張开，直到碰到止动

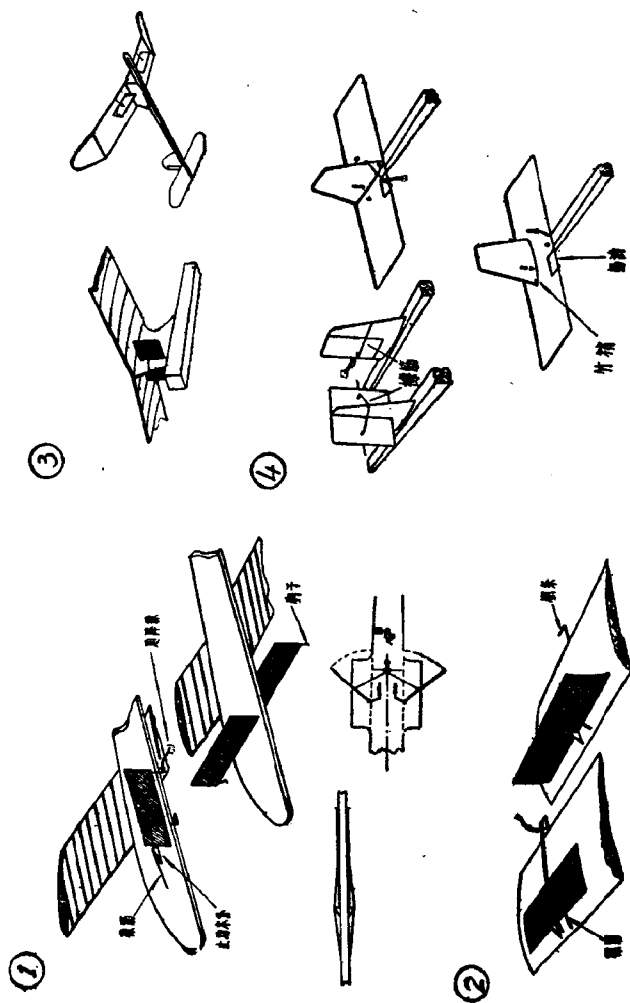


圖77 空中剎車式迫降裝置

木塊為止。也可以把這些機構放在機身里面，這樣在剎車片合上時，外表仍很光滑，可以減小在飛行時的阻力。

圖中②的剎車片是安裝在機翼上面或者下面，其原理與操作方法與前面所述是一樣的，所要注意的是：這些剎車片必須彎成弧形，並與機翼表面很好地符合，以免破壞翼型而影響飛行性能。

如果是高翼台的模型滑翔機，則可以把剎車片裝在翼台的兩側。如圖中③，其裝法與安在機身兩側完全一樣。

有人就利用垂直尾面本身為剎車片。圖中④表示了兩種方法：一是在垂直尾面的後半部，用兩片木片合成，到一定時間這兩片木片就自動張開而成為剎車片；另一種是使整個的垂直尾面旋轉一個 90° ，這樣整個垂直尾面就成為一個剎車片了。

(三) 水平尾翼翹起式迫降裝置：這種形式由於它既簡單而又很可靠，因此被廣泛地採用着。這種裝置在起飛以後

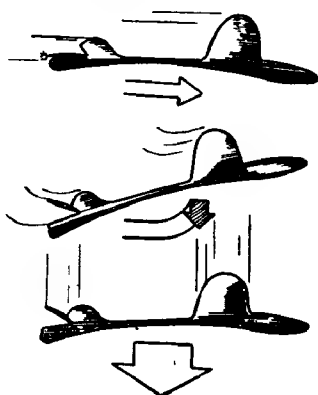


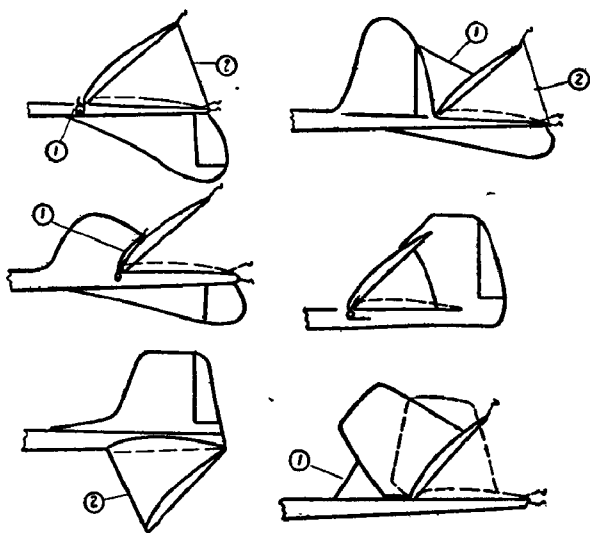
圖78 迫降

的一定時間內，水平尾翼始終在正常的位置，模型也飛得很好，當到了預定時間時，水平尾翼就會自動上翹一個角度，通常這一角度是 30° — 40° 左右。由於水平尾翼用了很大的負安裝角，就迫使機翼用十分大的迎角飛行，結果喪失了升力，模型就象降落傘似的，几乎是垂

直地、十分平穩地下降。水平尾翼的上翹角度小，迫降時下沉得慢些，但如果太小了，例如 15° 以下，則会引起嚴重的連續失速現象，最后可能碰坏模型；如果上翹角度大，則下沉速度也就大，但是太大的上翹角度也会因下沉太快而碰坏模型。

这种裝置的水平尾翼可以繞前緣部分某一条軸綫來轉動，起飛前在后緣部分的鈎上縛好迫降綫，燃着以后便可起飛，待到了預定時間時迫降綫把綫燒断，水平尾翼在彈簧或橡筋的彈力作用下上翹一定的角度。这一角度的大小可以用綫來控制，也可以用垂直尾翼后面的缺口來控制。

尾翼上翹的形式很多，在圖79中列举了六种以供参考。

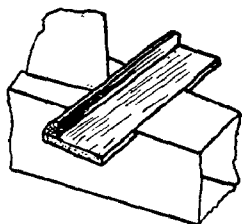


1. 橡筋 2. 控制上翹角度的綫

圖79 水平尾翼上翹的几种形式

在水平尾翼上翘以后，如果由模型的上面或者后面看去，水平尾翼相对于机翼的位置应该是正的，如果有些歪，就会在迫降时造成螺旋而撞坏翼尖等处。水平尾翼不正是螺旋的主要原因，其次是机翼左右太不对称，扭转变形太甚的缘故，发现后都应及时补救。

必须注意翘起时所用“铰链”装置。通常不必做什么铰链，而只要在机身尾部紧靠水平尾翼前缘处胶上一条大致30公厘左右



长的木条就可以，当水平尾翼上翘时，前缘就顶住这根木条。如图80所示。另外，如果是在两钢丝钩间缚一根线来控制上翘角度的话（线可以用结实的棉线或钓鱼线），则采用图80中所示的双线较单线为好。用了双线在水平尾翼上翘后，就不会左右摇摆了。

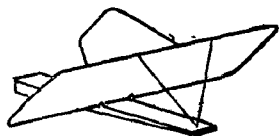
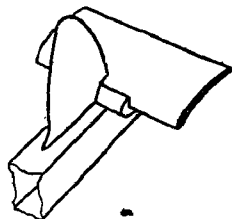


图 80

控制时间的方法可以用机械控时器（如照相机上用的自拍机）或空气式限时器，大多数用于迫降方面的还是引火药线（称为“迫降线”）。

迫降线可以这样来制成。找普通1.5—3公厘左右粗的包紮东西用的棉线（丝线和麻线都不行），选择那些编织得较松的，放在硝酸钾或高锰酸钾溶液中泡，并经常翻弄，直到线的内部也泡透了（可以用手剥开来看看）就取出来，晾

干，就可以使用。硝酸鉀和高錳酸鉀溶液的濃度一般都須較大。稀了，泡出來的迫降綫会在半途熄滅（中間沒泡透也会熄滅），結果仍發生飛丟模型的事故。但如果太濃了，則泡好的迫降綫燃燒太快，結果在尾部拖上很長一條綫而且又因为太濃，棉綫被氧化了，非常容易斷掉（如果泡得太久也容易斷）。所以在使用迫降綫以前應該作一次燃燒試驗，由于在飛行中是有相對風，也应当稍為煽些風，看迫降綫一分鐘要燒多少公厘（一般在10—20公厘左右）。如果每分鐘燃燒15公厘，則一條由綫頭至縛綫處長為55公厘的迫降綫將燃燒約3分40秒左右，到了這一預定時間，迫降綫就会“開動”迫降裝置使模型降落（这里應該估計到牽引所需時間，因此必須大於三分鐘）。

用迫降綫時，應注意到防火。一方面縛綫的鉤應稍長些，或尾部沾上錫箔以免把模型燒了。因為塗布油、噴漆等很容易燃燒。另外還應注意到如果尚未燃燒完的迫降綫掉在枯草中，或者油庫附近，或是其他易燃物上，均可能引起火災。因此要利用如圖81所示的方法，將迫降綫插在鋁管，或銅管，或薄鐵片做的管中，迫降綫燃燒到管口，由于氧氣不足而

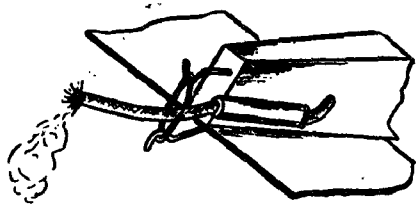


圖 81

且熱量被金屬管傳走就熄滅了。採用此法還有這樣的好處，起飛前如果臨時要改變飛行時間，就可以把已燃着的迫降綫拉出些或拉進去些就行了。

(四) 最后介绍一种利用改变重心位置而迫使模型迫降的装置。在重心附近设法安装一个舱或者安装几个钩，把一个重物放在里面，重物上有一条线联结着，线的另一端固定在机翼翼尖，或者固定在机身尾部。起飞前把重物放进舱内，或用线缚在钩上，待到了预定时间，重物就被“释放”出来，结果重心位置移动很大，破坏了模型的正常飞行状态。

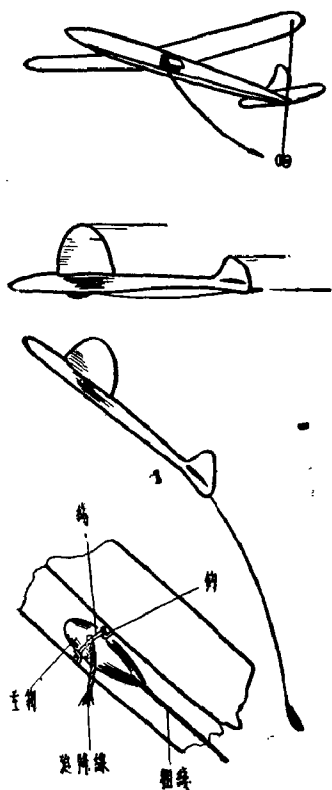


圖82 改变重心位置的迫降装置

圖82中就表示了这种装置。圖上面是把重物挂在机翼左翼尖上，这样左边就很重，模型会向左倾斜作小圈盘旋，由于盘旋半径减小很多，就出现了所谓“头重”现象，迫使模型很快降落。

圖82的下面是把重物挂在机身尾部，到预定时间重物摆到后面去了，重心位置移后甚大，这样机翼、尾翼都用很大的迎角飞行，速度随之减慢很多，结果丧失升力，模型被迫下沉而着陆。

使用迫降装置确实增加了放飞以前准备工作的麻烦，但是应坚持使用，并且要十分熟练地掌握它，不要在某些时候马马虎虎认为没

有什么上升气流就不点燃迫降綫。往往就在这一次飛丢了模型，这样的例子有过不少。此外在綁迫降綫时一定要綁緊，否則水平尾翼会增加些負安裝角而使模型發生波狀飛行降低飛行成績。起飛前如果是晴天可以用放大鏡点着迫降綫；用火柴点的話，最好先把迫降綫的綫头弄得松一些，就容易点着。

三 机翼的彈性裝置

这种安裝在机翼翼根部分的彈性裝置早已在真的滑翔机上被採用了，而今模型滑翔机也採用了这种裝置，但稍有改变。这种机翼通常就被称为“彈性机翼”，它在受力大时（例如牽引上升时）上反角会增大，受力小时上反角就减小。

彈性机翼的好处如下：

（一）彈性机翼能够在受力較大的牽引上升时增加上反角。模型直綫上升时正希望側压中心靠前，而增大上反角就可达到此目的。这样在牽引时模型的上升姿态穩定，不会搖擺；而在脫鈎后，机翼受力小了，会自动彈下來保持正常的上反角大小与垂直尾面的配合关系。另外在牽引过程中，如果风速突然增大（例如在陣风天气中），这时要松綫或向后退可能來不及，总要有相当時間的差別，如果是普通的机翼就可能折断，而彈性机翼却自动增大上反角，并不会發生什么危險。有时在脫鈎后，由于机翼受力减小（只有模型的重量），机翼要向下彈回來，这个向下扑动的动作会增加高度。

(二) 采用彈性机翼的模型在陣风天气中飛行要比較穩定些，因为如果有一陣风迎面吹來，流經机翼的气流速度將會增加。这样由于升力的增大就使机翼的上反角增大，减小机翼的投影面積（即前面所述的有效升力面積），也就减小机翼產生的抬头力矩，陣风过去后，机翼向下彈，还会增加些高度。但如果不是彈性机翼，这时就可能抬头失速而發生波狀飛行。

(三) 采用彈性机翼可以采用比較小些的上反角。当模型傾斜而側滑时，譬如說向左側滑，左边机翼的实际迎角將增大，右边机翼迎角將减小，这样左右升力的不同也会造成左边的上反角增大，右边上反角减小，于是很快地就恢复过来了。

(四) 彈性机翼一般都是做成中間可裝拆的，因而携帶和保存都比較方便。

彈性机翼虽然好处很多，但是也还存在着缺点。下面既要講明它的缺点，还要尽量地設法弥补这些缺点。

(1) 要制造彈性机翼既需要相当的时间，也比較麻煩，特别是对于那些从未做过而初次嘗試的航空模型爱好者是比較困难的。

(2) 彈性裝置有較大的重量。而一般机翼都在上面，彈性裝置就会引起重心升高，安定性减弱。荷重輕的二級牵引模型可能因此而超过規定的重量。

(3) 彈性机翼在牵引过程中如果左右兩边上反角增加得不一般大，就形成了机翼与尾翼相对安裝位置的不正，模型就偏向一边，不可能在头顶脫鈎。这原因在于彈性裝置所

用的铝片（見第85圖所示）左右厚度不一样大，或铝片質地不好或制作不对称，材料不均匀等所引起。如果發現上述情况應該換去铝片設法糾正。

（4）彈性机翼在牽引上升時上反角要增大，這時机翼上弧的最高點與中翼上弧的最高點就互相頂住，這一點附近的壓力強度很大，如果机翼或中翼在此處做得不牢會引起損壞。另外，机翼是以這一點為圓心向上轉動而增加上反角的，這時上面机翼與中翼頂住，而在下面就出現了一條縫。脫鉤以後，机翼雖要彈下來，但由於這一條縫的關係不但不能密合，而上面也跟著出現了一條縫，机翼與中翼之間就有可能出現1公厘左右的間隙。在飛行中，這間隙會產生相當大的阻力（圖83）。

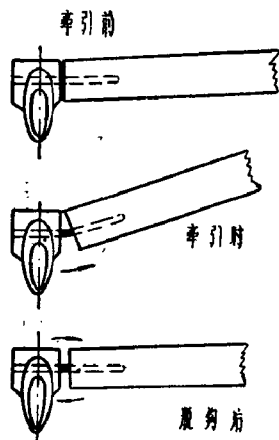


圖83 彈性机翼在經過一次牽引後出現縫隙

补救的方法可以預先在中翼的翼剖面上貼上一層海綿橡皮，然後把机翼插上，壓緊海綿橡皮，當脫鉤後机翼與中翼之間出現縫隙時，海綿橡皮就會彈出來把縫隙墊滿如圖84所示。

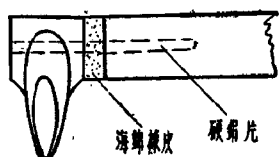


圖84 用海綿橡皮來墊縫

机翼的彈性裝置與插銷式裝置相同，它也包括做在机翼內的套箱和安裝在中翼里的插銷，僅僅是插銷採用硬铝片，厚度在1.2—1.5公厘左右，寬度在

40—70公厘（依模型及所需彈性的尺寸來決定）。硬鋁片應

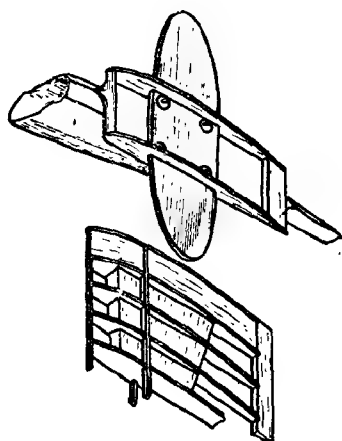


圖85 彈性機翼的插銷與套箱

該用四個螺釘固定在機身上，而且要注意左右兩個螺釘間距離要尽可能的寬，以免在牽引時由於鋁片上翹而把中翼的上半部掀開。在套箱插入處的那一個翼肋要用1公厘厚的三層板製成，外表面兩層的木紋方向垂直於翼弦，這樣可防止套箱在受力大時於插入處開始裂開。

四 自動轉向上升氣流的裝置

曾經有人設計出一種裝置，它能夠使模型在遇到上升氣流時轉入上升氣流中去，而在遇到下降氣流時一直穿過。

圖86是利用物體的慣性而製成的。在杠杆上挂了一個重的東西。重物應該尽可能的重些，一般在100克以上。重物依靠彈簧吊在一定的位臵，彈簧應該選用柔軟的，重物的重量愈小，彈簧要愈柔軟。彈簧上有一螺桿、螺帽，以此來調整重物位臵的高低。重物可以沿着垂直的軌道上下振動，但有一定的限制。向下有相當長的距離，向上就會碰到一個螺桿，這一螺桿可以調整，用它來限制重物向上運動的最高位臵。杠杆的另一端連着一條剛性杆子，一直連到可以活動的方向舵上。

当模型在无气流情况下飛行时，重物始終在原來位置，这时方向舵只偏了一点，盤旋半徑很大。一旦遇到了上升气流，模型开始上升，產生了向上的加速度，而裝在机身内的重物却由于本身慣性的緣故，反抗着彈簧的彈力，不跟着机身上升，相反地对于机身來說是向下运动，这时杠杆就拉动后面的杆子，結果方向舵發生偏轉，模型便進行盤旋。一方面可以轉入上升气流中去，另一方面由于轉圈半徑的减小，原來的俯仰平衡无法保持，这时只要稍为“头重”些，就不会因受到上升气流的冲击而抬头失速進行波狀飛行。一直到向上的加速度消失，重物才在彈簧作用下回到原來位置。

当遇到下降气流时，模型向下运动，產生了向下的加速度，这时重物慣性使它相对于机身來說作向上运动，但重物运动了一点碰到限制重物最高位置的螺杆，就不再向上运动了。这时杠杆推动后面的杆子，使方向舵偏轉到正中間就不再动了。模型就作直綫飛行，原來适合轉大圈的俯仰平衡也无法保持，而稍为“头輕”些，这样就不致于因下降气流的

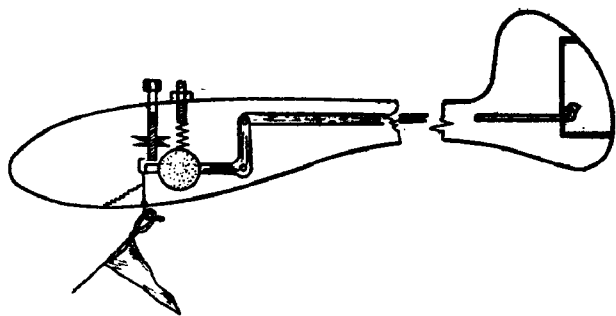


圖86 慣性裝置

冲击而增加下沉速度，并且很快穿过下降气流区。直到向下的加速度消失，重物在本身重量的作用下又回到原来位置。

为了使模型在牵引上升时方向舵不乱动而保持在中間，以便于牵引上升，在前面裝一止动器，当牵引时由于受到牵引力向前分力的作用，止动器卡住杠杆一端，使重物无法上下运动，这样方向舵也就固定在中間不动了如圖86中所示。

这里要注意：彈簧必須采用柔軟的，愈柔軟这一裝置就愈灵敏。另外方向舵应作适当地加大，这样效果比較顯著。

薛民献曾在牵引模型上試裝过这个裝置。重物的重量为150克左右，彈簧很長很軟，如果重物不动則轉圈的直徑約在80—100公尺，在受到上升气流的强烈冲击时，轉圈直徑会减小到20公尺左右，在遇到下降气流时即直綫飛行。这架模型还曾經作过如下試驗：如果用勁擲出去，一般的模型就会抬头失速，而它在向上升后立刻轉一个小弯就進入滑翔，一点沒有失速現象。后來在第三次試飛中，由于迫降綫泡得不透，在半途熄滅，結果这架模型繼續升高，只有眼睛很好的人才勉强看到。过了30多分鐘以后慢慢下來了（当天风很小），但不久遇到第二股强烈上升气流又上升，最后在高空失踪，到看不見为止約經過了42分鐘左右。

另外也可以利用航空升降速度仪來制成这个裝置。圖87是升降速度仪，它的盒子是密封的，其中有一金屬膜盒，一条毛細管。当模型受到上升气流的冲击而上升时，由于高度愈高，气压愈低，这时空气就会由膜盒中跑出來，而盒中的空气要經過毛細管才能出來，由于毛細管很細，空气出來要一个相当的时间，这样膜盒內压力已降到与外界气

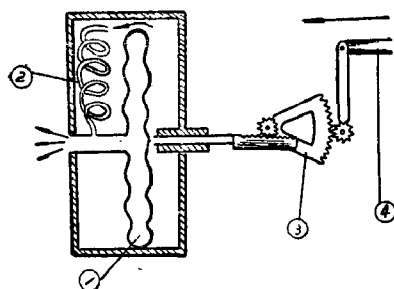


圖87 利用升降速度儀的自動裝置

- ①金屬膜盒
- ②毛細管
- ③放大裝置
- ④帶動方向舵的杆子

压一致，而盒中的压力仍較大，因此膜盒就鼓起來一些。这一动作通过放大裝置，然后拉动后面的杆子使方向舵偏轉。

同样地在遇到下降气流冲击模型时也会有动作產生，不过它的活动范围应受到限止。

采用上述裝置有一定的好处，但是它需要相当大的重量，对于三級牽引模型來說还有可能，对二級牽引模型來說会太重了。而且这种裝置需要一定的空間，只有安裝在較粗的机身内才有可能。

五 調整重心位置的裝置

在調整牽引模型时有兩種方法，一种是重心位置不变，調節机翼或尾翼的安裝角來达到俯仰平衡，另一种是机翼与尾翼的安裝角不变，改变重心位置來獲得俯仰平衡。普通的模型改变机翼或尾翼的安裝角比較方便，只要垫些东西或去掉些东西就行了。如要改变重心位置，可在头上加重或減重，加重將增加翼荷重影响飛行性能；減去重量將不合乎重量的标准。另一种方法是：如果在重心附近有配重則可以移一些到机头上，或者由机头上減去些重量移到重心处去，

这样就十分麻煩了。改变重心位置在調整过程中十分必要，只有在几个不同重心位置來調整安裝角才能找到最好的飛行情况。在有风天气飛行时希望模型的飛行速度大些，可以用减小机翼安裝角或增大水平尾翼安裝角來达到目的。但这些調整方法过分灵敏。加大或减小角度的影响很大。較好的方法是把重心移前一点（即机头加重些），这样可以得到很好的效果。

下面就把改变重心位置的裝置表示在圖88中。重錘的前后移动依靠螺杆的旋轉。螺杆可以旋轉但不能前后移动。在机头前面有一个孔，可以用小螺絲刀伸進去轉动螺杆來改变模型的重心位置。

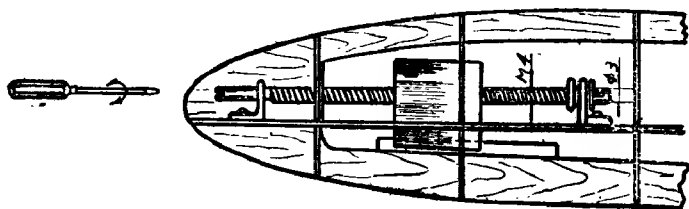


圖88 改变重心位置的裝置

第七章 牽引模型滑翔机的

試飛和調整

为了消除設計及制作时的誤差，應該对一架新做好的牽引模型作試飛和調整。不但要把它飛好，还要从中看出缺点

和尚須改進的地方，以便作為今後設計新模型時參考。

調整試飛可以這樣來進行。首先把全機的重量配好，達到必須的重量標準，並且重心位置也在設計時的位置。

第一步應該在平靜天氣中進行，選擇早晨或晚上沒有上升氣流同時風也很小的時候。這時容易正確地判斷滑翔性能的好壞。先用手擲試飛。手抓住重心稍後的機身，機頭應稍向下，跑一、二步便擲出去。一般模型的滑翔速度在每秒4—6公尺，因此不可擲得太重，太重了將會使模型在離手後抬頭，結果失速撞地。但出手太輕，速度不夠，模型的下沉速度很大也不是正常滑翔狀態。當模型在離手後發生波狀飛行情況時則表示“頭輕”，也即機翼迎角太大，或重心太後。可先不改變重心位置，而增大水平尾翼的安裝角，就相當於減小機翼迎角（調整水平尾翼較為方便）。如模型離手後滑翔速度很大，下沉也很快，飛不遠就著陸了，這表示“頭重”，也即機翼迎角太小，或重心太前。這時仍先不變重心位置，而只減小水平尾翼的安裝角，這樣就相當於增大機翼迎角。調整以後，再作手擲試飛，直到模型能夠很平的滑翔著陸。有時會有這樣的情況，模型很平的離手了，但過了不多一會，就在低一下頭後滑翔著陸，這情況有兩個可能，一是手擲出去的速度嫌大了一點，另一個是輕微的“頭輕”。當模型迎角太大而失速時必然要低頭俯衝才能改出，上述情況就屬這種。要記住在一次稍抬頭後又俯衝或平飛後俯衝，就表示前面曾有过失速，從模型的飛行狀態可以看出是否有些“頭輕”。

在手擲試飛時，方向舵應該偏轉到它在滑翔時應有的位

置。如果是左轉的模型在有風時應把機頭偏向右面然後手擲出去，這樣可以在正對風的情況下著陸，不致於傾斜而碰壞翼尖。

在全部手擲試飛過程中，應作記錄，紀錄每次滑翔的時間和飛行距離。好的模型在離手後可以飛行八秒鐘左右（手舉起後出手高度約160—170公分）。

用手擲試飛可以把模型調整到用經濟迎角飛行，以達到最小的下沉速度。首先把它調整到滑翔距離最遠，然後稍微把水平尾翼安裝角減小些（或者把重心位置移後些），再用手擲試飛時，距離已減少很多，但是飛行的速度降低了，下沉速度也就降低了。這樣就由機翼用有利迎角飛行轉為用經濟迎角飛行了。

最好把重心位置移前或移後，每移動一次就作一番上述的調整。紀錄每次移動重心位置所獲得的最小下沉速度，也就是最長的飛行時間，然後作比較。這樣就能找到一個比較最為合適的重心位置。當然必須試飛很多次才能得到這結果。

在手擲試飛中所獲得的調整情況不一定精確，因為它受到地面小股微弱氣流的影響，而且在要碰地時，受到地面的影響，翼尖渦流將減少，飛行性能會提高，也常常看到模型貼着地還能滑很遠一段距離。為了精確地調整到經濟迎角，獲得真正的最小下沉速度。

第二步是採用短綫牽引試飛，牽引綫的長度約15公尺。從這裡不但可以看出是否已調整到最小下沉速度，還可以調整轉圈半徑及牽引上升是否良好等方面。應該在平靜天氣中

作这一項工作。在牽引时头几次要調整好方向舵的位置，使它在牽引时直綫上升。如果認為这次牽引上升是到头頂，并且脫鈎平穩，就進行記錄。記錄飛行時間、轉圈半徑以及飛行的圈数。首先在手擲試飛的調整基礎上把轉圈半徑調好，一般牽引模型的轉圈半徑应在20—40公尺。太小的轉圈半徑会使模型傾斜太多而增大下沉速度(升力的垂直分力小了)，太大的半徑不能很好地利用气流。轉圈半徑調好后，再來精細地調整滑翔，这时用來改变水平尾翼安裝角的垫片应很薄，甚至是每次只用兩層普通紙。这时在手擲試飛調整好的基礎上使模型由輕微“头重”到輕微“头輕”發生輕微的波狀飛行。这时記錄下來的飛行時間是由較少到最長。模型的盤旋圈数也会由較多到最多（一般在一圈半到兩圈）然后又減少下來。达到最長飛行時間的机翼和尾翼安裝角就是可以保証机翼用經濟迎角飛行的情况。而最大盤旋圈数，表示了有利迎角飛行时的情况。這兩情况，特別是最長飛行時間的情况應該記錄下來。

第三步就可以用50公尺的綫來牽引，但仍应选择平靜天气。在这种試飛过程中要完全調整好模型的上升状态，一定要使它直綫上升到头頂脫鈎，如果發現不行，就应根据理論分析檢查，并作糾正。同时要在脫鈎后一分鐘左右使模型迫降，檢查迫降机构是否灵敏，迫降时是否穩定，会不会發生螺旋和翻筋斗。螺旋的原因是水平尾翼上翹后不正，或是机翼变形太甚；翻筋斗的原因是水平尾翼上翹太少。应多飛行几次并測定用50公尺綫來牽引能飛多長時間，確定这架模型的真本領。

在完成以上各步驟以後，就要選不平靜的天氣試飛。這一環節十分重要，決不可以忽視。因為在競賽或其他需要飛行的場合下，很少可能沒有風，沒有氣流。競賽時還可能下些細雨呢！

在有上升氣流的天氣條件下，主要是觀察模型的靈敏度，看是否容易進入上升氣流和脫離下降氣流。在有上升氣流的情況下應該使機翼用比經濟迎角小一些的迎角飛行，便不容易失速，這就要由試飛中決定。

應在6公尺每秒的風速下進行試驗，6公尺每秒的風速已可以把放在地下的模型微微抬起來。在這種天氣下試飛十分必要，可以觀察這架模型在有風天氣的安定性；是否有頂着風飛行和由對風轉向順風時下沉一段距離的現象，如果有，這是因為盤旋安定系數較小的緣故。要熟悉在各種不同風速下，應如何調整的經驗，每種調整方法都應該記下來。一般來說在有風天氣，機翼用有利迎角附近的迎角飛行較好，也即要“頭重”些。此外也可以用減小盤旋半徑來達到目的。如重心位置變更方便，則可以把重心前移些。後兩種調整不如改變安裝角靈敏，因安裝角比較容易控制。在有風天氣飛行還可以鍛煉牽引技術。

如果有機會，也可在更不好的天氣，例如下細雨的情況下試飛。由於雨落在模型上將改變它的重心位置，一般因為水平尾翼離重心較遠，落了雨後，重心是後移的，掌握這種情況下的調整經驗也有益的。

設計和制作一架牽引模型固然要花費很多時間和勞動，在為做好的模型試驗性能，保證它能飛好時，同樣要花費很

大的劳动。这里特别指出：調整时，必須要有耐心并且十分仔細才行。

为了使模型每次飛行情况都相同，也就是希望它能有較穩定的飛行状态，就特別要注意維護，防止模型变形。平时要放在箱子里，出去也应裝在箱中帶走，箱子可以用木条搭架子，然后外面蒙上層板，箱子应放在干燥的地方。在箱中应有防扭框設備，把机翼和尾翼用橡筋縛在上面，这样就能防止变形。

圖89是防扭框及木箱的样子。

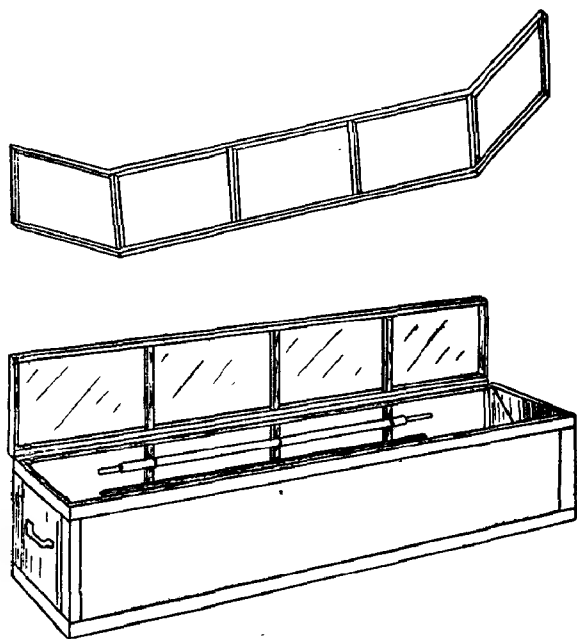


圖89 防扭框及模型箱

第八章 現代優秀的牽引模型

滑翔機的介紹

1956年國際航空模型競賽獲得第一名的捷克運動員許普拉克的牽引模型滑翔機（圖90）。

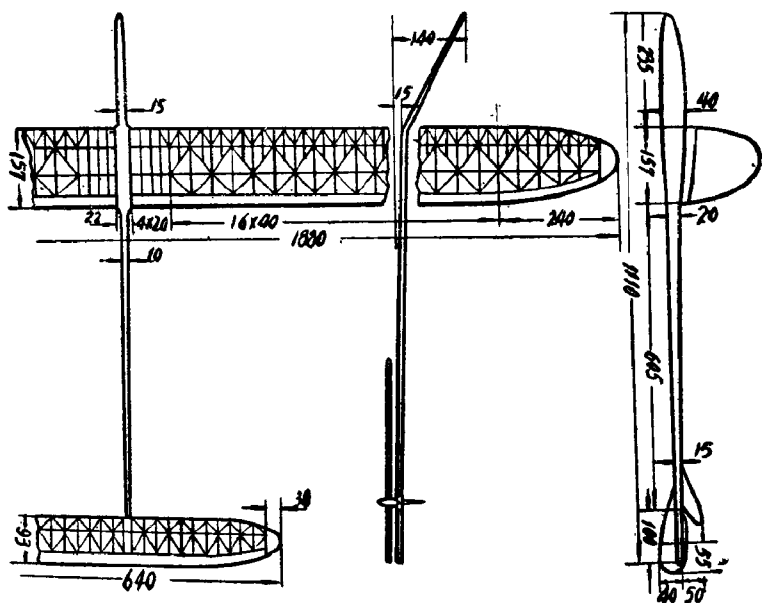


圖90 許普拉克的牽引模型滑翔機

机翼翼展	1880 公厘
机身全長	1110 公厘
总重量	443 克
机翼面積	28.245 公寸 ²
水平尾翼面積	5.46 公寸 ²
总升力面積	33.705 公寸 ²
机翼翼型	自己設計
机翼安裝角	3°30′
水平尾翼安裝角	0°
翼載荷	12.5克/公寸 ²

1956年國際航空模型競賽獲得第二名的匈牙利運動員羅茲尔的牽引模型滑翔机（圖91）。

机翼翼展	1870 公厘
机身全長	1110 公厘
总重量	412 克
机翼面積	29.06 公寸 ²
水平尾翼面積	4.51 公寸 ²
总升力面積	33.57 公寸 ²
机翼翼型	BENEDEK B7
机翼安裝角	4°40′
水平尾翼安裝角	0°

1956年國際航空模型競賽獲得第三名的我國運動員薛民猷的牽引模型滑翔机（圖92）。

机翼翼展	1840 公厘
机身全長	1050 公厘

总重量	415 克
机翼面積	27.93 公寸 ²
水平尾翼面積	5.76 公寸 ²
总升力面積	33.69 公寸 ²
机翼翼型	MVA-301-7.5%
机翼安裝角	2°40′
水平尾翼翼型	改進的 Gō-517
水平尾翼安裝角	0°

1955年国际航空模型競賽獲得第一名的匈牙利運動員拉
篤切的牵引模型滑翔机（圖93）。

机翼翼展	1664 公厘
机身全長	1195 公厘
总重量	415 克
机翼面積	28.5 公寸 ²
水平尾翼面積	5.5 公寸 ²
总升力面積	34 公寸 ²
机翼翼型	NACA25-1.00-10
机翼安裝角	+3°
水平尾翼翼展	593 公厘
水平尾翼翼型	NACA 20A-08
水平尾翼安裝角	-3°
翼載荷重	12.2克/公寸 ²

1955年西德林諾的牵引模型滑翔机（圖94）。

机翼翼展	1890 公厘
机身全長	1140 公厘

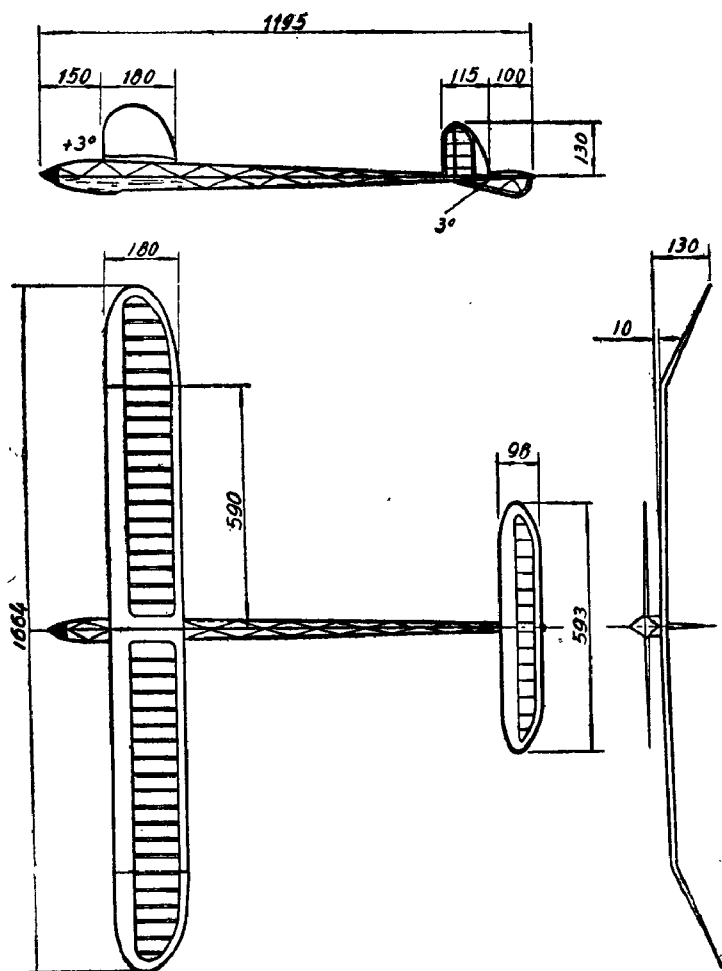


圖93 拉篤切的牽引模型滑翔机

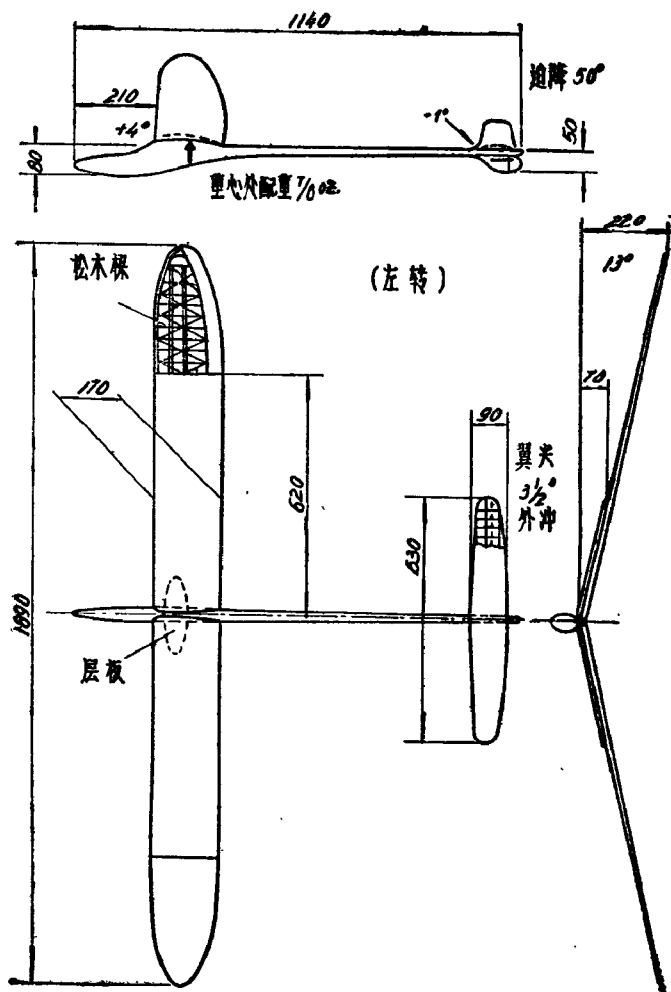


圖94 1955年林諾的牽引模型滑翔機

总重量 418 克

机翼面積 29.3 公寸²

水平尾翼面積 4.12 公寸²

总升力面積 33.42 公寸²

机翼翼型 自己設計

机翼安裝角 +4°

水平尾翼翼展 630 公厘

水平尾翼翼型 自己設計

水平尾翼安裝角 -1°

翼載荷 12.5克/公寸²

1956年捷克許普拉克的牽引模型滑翔机“雪特洛”(圖

95)。

机翼翼展 1790 公厘

机身全長 1070 公厘

总重量 415 克

机翼面積 27.08 公寸²

水平尾翼面積 6.02 公寸²

总升力面積 33.1 公寸²

机翼安裝角 +3°

水平尾翼安裝角 -1°

[General Information]

□ □ ⇒ □ □ □ □ □ □ □ □

□ □ ⇒ □ □ □ □

□ □ ⇒141

SS□ ⇒11326254

DX□ =

□ □ □ □ ⇒1957□ 08□ □ 1□

□ □ □ ⇒ □ □ □ □ □ □

[illegible]

